

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-711-ト* (参考)

H 0 1 M 10/50

H 0 1 M 10/50

2/10

2/10

S

2/20

2/20

A

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 84 頁)

(21) 出願番号 特願平10-530823

(86) (22) 出願日 平成9年1月13日 (1997.1.13)

(85) 翻訳文提出日 平成11年7月13日 (1999.7.13)

(86) 国際出願番号 PCT/US97/00805

(87) 国際公開番号 WO98/31059

(87) 国際公開日 平成10年7月16日 (1998.7.16)

(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), AU, BR, CA, FI, JP, KR, MX, NO, RU, SG, UA

(71) 出願人 オゾニック バッテリー カンパニー
インコーポレイテッドアメリカ合衆国 48084 ミシガン州 ト
ロイ ノースウッド 1707

(72) 発明者 オヴシンスキー、スタンフォード、アール、

アメリカ合衆国 48012 ミシガン州 ブ
ルームフィールド ヒルズ スカーレル
ロード 2700

(72) 発明者 コリガン、デニス、エイ、

アメリカ合衆国 48084 ミシガン州 ト
ロイ パークオフ 3793

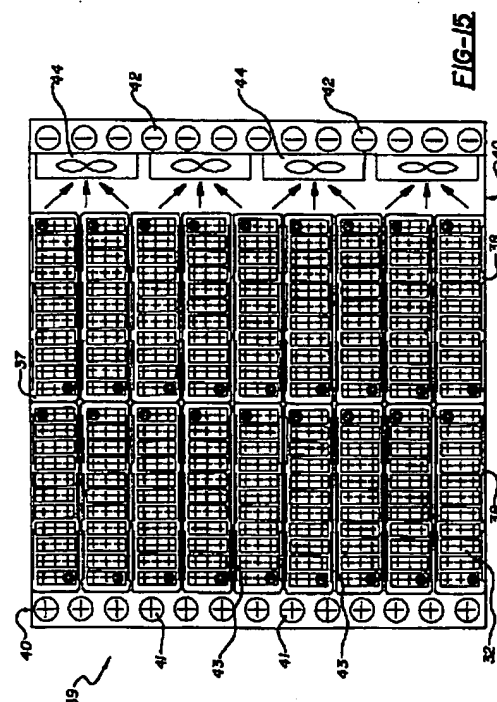
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属水素化物電池、該電池モジュール、並びに該電池パックにおける機械的、熱的改善

(57) 【要約】

機械的に及び電気的に改善された、充電可能な電池、モジュール、及び流体冷却式電池装置が開示されている。電池は、形状が角柱状で、最適化された厚さ、幅、高さのアスペクト比を持ち、最適化されたアスペクト比を持たない角柱状電池に比べて、均衡がとれ且つ最適化された性質を持つ電池を提供する。最適化された厚さ、幅、及び高さは、有害な側面効果を排除して、最高容量と出力を与える。電池ケースは、一方向膨張を念頭に入れたもので、反対方向の外部機械的圧縮力を加えることで、容易に補償される。モジュール (32) では、外部機械的圧縮力により、束縛/圧縮手段の中に電池が束ねられており、その外部機械的圧縮力は、膨張による外向きの圧力を均衡をさせ、且つ正負の電極間距離を短くして総電池出力を増加させるような内向きの圧縮力を付加するように、最適化されている。流体冷却式電池集合体 (39) は、冷却剤の入口 (41) 出口 (42) を持つ電池集合体ケース (40) ; ケースの中で、ケースの壁と他の電池から互いに隔てて配置され、束ねられた電池の少なくとも一つの面に沿って、冷却剤流路 (43) を



【特許請求の範囲】

1. 以下から成る流体冷却式電池集合体装置。

(a) 少なくとも一つの冷却剤入口手段と、少なくとも一つの冷却剤出口手段とを備えている電池集合体ケース。

(b) 前記電池集合体ケース内に配置され、束ねられた複数の個別の電池を備えている、少なくとも一個の電池モジュール。

前記の少なくとも一個の電池モジュールは、前記電池モジュールが前記ケースからも前記ケース内に置かれた如何なる他の電池モジュールからも間隔を空けて配置され、前記束ねられた電池の少なくとも一つの面に沿って前記冷却剤の流路を形成するように、前記ケース内に配置されている。

前記冷却剤流路の幅は、前記電池から前記冷却剤に、対流、伝導及び輻射熱伝達機構によって最高の熱伝達がなされるよう考慮して、最適な寸法になっている。

(c) 前記冷却剤を前記ケースの前記冷却剤入口手段に流入させ、前記冷却剤流路を通して流し、前記ケースの前記冷却剤出口手段から流出させる、少なくとも一つの冷却剤輸送手段。

2. 前記装置が前記ケースの中に行列配列された複数の電池モジュールを備え、前記行列配列によって、前

記電池モジュールの前記束ねられた電池の少なくとも一つの面を横切って冷却剤が流れる様成されている、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

3. 前記流体冷却式電池集合体装置が、電氣的に絶縁性の気体冷却剤を使用するよう設計されている、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

4. 前記流体冷却式電池集合体装置が、電氣的に絶縁性の液体冷却剤を使用するよう設計されている、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

5. 前記気体冷却剤が空気である、請求項3の流体冷却式電池集合体装置。

6. 前記冷却剤輸送手段が強制空気送風機を備えている、請求項5の流体冷却式電池集合体装置。

7. 前記強制空気送風機が、前記電池集合体ケースの中に新鮮な冷却用空気を

押し込み、前記冷却剤流路を通して、前記冷却剤出口手段から押し出すために、前記冷却剤入口手段に配置された、請求項6の流体冷却式電池集合体装置。

8. 前記強制空気送風機が、加熱された冷却用空気を

前記電池集合体ケースから引き出し、新鮮な冷却用一空気を前記冷却剤入口手段から前記電池集合体ケースの中に引き込み、前記冷却剤流路を通して流すために、前記冷却剤出口手段に配置された、請求項6の流体冷却式電池集合体装置。

9. 前記冷却剤が、前記冷却剤流路の最長寸法に直角に流れる、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

10. 前記冷却剤が、前記冷却剤流路の最長寸法に平行に流れる、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

11. 前記冷却剤輸送手段がポンプを備えた、請求項4の流体冷却式電池集合体装置。

12. 前記冷却剤輸送手段が、前記冷却剤出口手段に取り付けられ、加熱された冷却剤を冷却剤貯蔵器に再循環させ、其処から冷却剤熱交換器に移して熱を抽出し、最後に電池集合体の冷却に再利用するため前記冷却剤ポンプへ再配給する、冷却剤返送用配管を備えた、請求項11の流体冷却式電池集合体装置。

13. 前記冷却剤流路が、其処を流れる冷却剤の流れを体積流量で約5から30%だけ邪魔するように設計された、請求項5の流体冷却電池集合体装置。

14. 前記冷却剤流路の幅が、0.3から12mmの間である、請求項13の流体冷却式電池集合体装置。

15. 前記電池集合体ケースが、電気的に絶縁性の材料で作られている、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

16. 前記電池集合体ケースが、一個を超える冷却剤入口手段を備えた、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

17. 前記電池集合体ケースが、一個を超える冷却剤出口手段を備えた、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

18. 前記装置が、一台を超える冷却剤輸送手段を備えた、請求項1の流体冷

却式電池集合体装置。

19. 前記装置が、前記電池モジュールの温度を、65℃より低く維持する、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

20. 前記装置が、前記電池モジュールの温度を、55℃より低く維持する、請求項1の流体冷却式電池集合

体装置。

21. 前記装置が、前記電池モジュールの温度を、45℃より低く維持する、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

22. 前記装置が、電池モジュール間の温度差を、8℃より小さく維持する、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

23. 前記装置が、集合体当たり4から100個の電池モジュールを収納した、請求項2の流体冷却式電池集合体装置。

24. 前記電池モジュールが以下から成る、請求項1の流体冷却式電池集合体装置。

(a) 複数の個別の電池。

(b) 前記モジュールの個々の電池を互いに電氣的に相互接続し、且つ個々の電池モジュールを互いに電氣的に相互接続する手段を提供する、複数の電氣的相互接続手段。

(c) 電池モジュール束縛／圧縮手段。前記電池は前記束縛／圧縮手段の中で互いに束ねられ、前記複数の電池が機械的振動、輸送又は使用に際して動いたり移動したりしないように固定されている。

前記電池は、外部からの機械的圧縮力によって前記束縛／圧縮手段の中で束ねられている。前記外部機械的圧縮力は電池部品の膨張による外向きの圧力と均衡するよう最適化され、且つ各電池内の電池電極に内向きの圧縮力を加えて正負電極間の距離を短くし、それにより全体としての電池出力を増大させている。

25. 前記電池モジュールが金属バーを用いた高い機械的圧縮力によって互いに束ねられており、金属バーは電池モジュールの四側面に沿って配置され、バー

が出会うモジュールの四隅で溶接されて、電池モジュールの周囲を取り巻く帯金を形成している、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

26. 前記溶接金属バーが電池モジュールの上面と底面の間の中心部に配置されている、請求項25の流体冷却式電池集合体装置。

27. 前記溶接金属バーが、電池モジュールの上面と底面の間の中心部に配置された三組のバーから成り、第一組のバーは電池モジュールの上面と底面の間の間に配置され、第二組のバーは前記第一組のバーと電池モジュールの上面の間に配置され、第三組のバーは前記第一組のバーと電池モジュールの底面の間に配置された、請求項26の流体冷却式電池集合体装置。

28. 前記電池モジュールが約50～180 p s i の機械的圧縮力で互いに束ねられている、請求項25の流体冷却式電池集合体装置。

29. 前記電池モジュールが金属バーを用いて機械的圧縮力により互いに束ねられており、金属バーは電池モジュールの二側面に沿って配置され、モジュールの両端面を覆う端板を支える金属管にモジュールの隅で溶接されている、請求項27の流体冷却式電池集合体装置。

30. 前記端板が、端板の面に垂直に突き出し前記端板に更に強度を加えるリブと、前記金属管用の細溝を備えている、請求項29の流体冷却式電池集合体装置。

31. 前記端板が前記モジュールの中で束ねられた前記電池から熱的に隔離されている、請求項29の流体冷却式電池集合体装置。

32. 前記リブが前記モジュール中の前記電池に更なる熱放散性を与える、請求項30の流体冷却式電池集合体装置。

33. 前記の各電池モジュールが、それ以外の電池モジュールや電池集合体ケースからある距離だけ離れて、

そのモジュールを保持するモジュール・スペーサを備えている、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

34. 前記モジュール・スペーサが電氣的に非伝導性材料から作られている、

請求項33の流体冷却式電池集合体装置。

35. 前記冷却剤流路スペーサが前記モジュール内の電池の電気端子を覆うような機能を加えて設計された、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

36. 前記電氣的相互接続手段が編み線相互接続手段であり、高い熱放散性とモジュールの設計／配列の柔軟性を与える、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

37. 前記編み線電氣的相互接続手段がニッケル被覆の銅で作られている、請求項36の流体冷却式電池集合体装置。

38. 前記電池モジュールが角柱状電池を束ねたものである、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

39. 前記電池モジュールが角柱状電池を束ねたものであり、各電池がその上面に電気端子を配置して全部同じ向きに並べられた、請求項38の流体冷却式電池集合

体装置。

40. 前記電池モジュールがモジュール当たり2から15個の角柱状電池から成る、請求項38の流体冷却式電池集合体装置。

41. 前記電池モジュールが束ねられた金属水素化物電池から構成されている、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

42. 前記電池モジュールが束ねられた角柱状の金属水素化物電池である、請求項41の流体冷却式電池集合体装置。

43. 前記電池が以下から成る、請求項24の流体冷却式電池集合体装置。

(a) 正電池電極端子と負電池電極端子とを備えた電池ケース。

(b) 前記電池ケース内に配置され、正電池電極端子に電氣的に接続されている、少なくとも一つの正電池電極。

(c) 前記電池ケース内に配置され、負電池電極端子に電氣的に接続されている、少なくとも一つの負電池電極。

(d) 前記電池ケース内において前記正電極と負電極

との間に配置され、前記正電極を負電極から電氣的に絶縁するが、前記正電極と負電極の化学的相互作用は妨げない、少なくとも一つの電池電極セパレータ。

(e) 前記電池ケースの中に入れられ、前記正電極、負電極及びセパレータを取り囲んで滯らしている電池電解液。

前記電池ケースは形が角柱状であって、かつ最適化された厚さ対幅対高さのAspect比を有している。

44. 前記電池ケースが熱伝導性で、機械的に強く頑丈で、耐食性の材料から作られている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

45. 前記電池ケースが金属で作られている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

46. 前記金属電池ケースがステンレス鋼から作られている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

47. 前記ケースが前記正電池電極端子と負電池電極端子を備えたケース蓋、及び前記電極が入る電池ケース缶とから形成されている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

48. 前記ケース蓋がその蓋に開いた少なくとも一つ

の開口の周囲を定める環状のシュラウドを備え、前記端子はその周囲に封止リップを持ち、前記端子は封止リップのところで前記環状シュラウドにかしめ封止されている、請求項47の流体冷却式電池集合体装置。

49. 前記ケース蓋、前記ケース缶、及び前記環状シュラウドが304Lステンレス鋼で作られている、請求項48の流体冷却式電池集合体装置。

50. 前記封止リップと前記環状シュラウドの間に粘弾性、高誘電体シールが置かれている、請求項48の流体冷却式電池集合体装置。

51. 前記粘弾性、高誘電体シールが水素不透過性ポリスルホン材料から作られている、請求項50の流体冷却式電池集合体装置。

52. 電池の内部圧力を周囲の大気中に開放するための圧力通気孔を備えた、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

53. 前記圧力通気孔が前記端子内の軸上の開口に繋がっている、請求項52

の流体冷却式電池集合体装置。

54. 前記圧力通気孔が以下から成る、請求項52の

流体冷却式電池集合体装置。

(a) 中空内部領域を持つ通気室、前記周囲の大気及び前記ケース内部と前記開口を介して通気がある。

(b) 前記中空内部領域の中に置かれた圧力開放ピストン、前記軸上の開口を封止できる寸法になっており、前記軸上の開口に向き合う面にシール溝を持っている。

(c) 前記シール溝の中に納められた粘弾性、高誘電体シール、前記シール溝は前記シールの一面を残して包み込む形状になっており、前記シールの包まれていない面は露出している。

(d) 圧縮ばね、前記圧力開放ピストンを前記シール溝の中の前記シールに押しつけて、前記端子内の前記軸上の開口を閉じる。

55. 前記粘弾性、高誘電体シールが水素不透過性ポリスルホン材料で作られている、請求項54の流体冷却式電池集合体装置。

56. 内部の電極タブと前記端子との間の電氣的接続を形成する少なくとも一つの櫛を備えた、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

57. 前記少なくとも一つの櫛が、前記内部電極タブを圧入する複数の平行溝を持つ導電性棒状物である、請求項56の流体冷却式電池集合体装置。

58. 前記少なくとも一つの櫛が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、請求項57の流体冷却式電池集合体装置。

59. 前記端子が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

60. 前記正負電極の間に配置された前記少なくとも一つの電池電極セパレータが各電極を取り巻くようなセパレータを含む、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

61. 前記セパレータが結晶方向性を持つポリプロピレンからできている、請

求項43の流体冷却式電池集合体装置。

62. 前記セパレータが、前記方向性結晶構造の軸が前記少なくとも一つの正電極と前記少なくとも一つの負電極の高さの方向に沿って軸合わせされている、請求項61の流体冷却式電池集合体装置。

63. 前記金属角柱状電池ケースが非伝導性高分子被覆により周囲環境から電氣的に絶縁されている、請求

項43の流体冷却式電池集合体装置。

64. 前記非伝導性高分子被覆が一層の電気絶縁性高分子テープである、請求項63の流体冷却式電池集合体装置。

65. 前記正と負の電池電極が前記ケースの中で、それぞれの集電タブが前記ケースの蓋に向き合って配置されるように、置かれている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

66. 前記正と負の電池電極の隅に切り欠きが在り其処に正電極集電タブが置かれ、電極間の短絡を避け、且つ無駄な死荷重電極材料を排除している、請求項65の流体冷却式電池集合体装置。

67. 前記電池が前記ケースの中に交互に配置された19の正電極と20の負電極を備えた、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

68. 前記金属角柱状電池ケースの内側が電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項45の流体冷却式電池集合体装置。

69. 前記金属角柱状電池ケースの内側が、前記電池

ケースの内側を電気絶縁性高分子材料で被覆して、電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項68の流体冷却式電池集合体装置。

70. 前記金属角柱状電池ケースの内側が、前記電池ケースの中へ気密封止して挿入した高分子の袋に電極と電解液を入れることにより、電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項68の流体冷却式電池集合体装置。

71. 前記負電極が熱伝導性の焼結金属水素化物電極材料で作られている、請求項43の流体冷却式電池集合体装置。

72. 前記負電極が前記電池ケースと熱的に接触している、請求項71の流体冷却式電池集合体装置。

73. 以下から成る、改善された大電力電池モジュール。

(a) 複数の個別の電池。

(b) 複数の電氣的相互接続手段、前記接続手段は前記モジュールの個々の電池を互いに電氣的に相互接続し、且つ個々の電池モジュールを互いに電氣的に相互接続する手段を提供する。

(c) 電池モジュール束縛／圧縮手段、前記電池は前

記束縛／圧縮手段の中で互いに束ねられ、前記複数の電池が機械的振動又は輸送又は使用に際して動いたり移動したりしないように固定されている。

前記電池は、外部からの機械的圧縮力によって前記束縛／圧縮手段の中で束ねられており、前記外部機械的圧縮力は電池部品の膨張による外向きの圧力と均衡するよう最適化され、且つ各電池内の電池電極に内向きの圧縮力を加えて正負電極間の距離を短くし、それにより全体としての電池出力を増大させる。

74. 前記電池モジュールが金属バーを用いた高い機械的圧縮力によって互いに束ねられており、金属バーは電池モジュールの四側面に沿って配置され、バーが出会うモジュールの四隅で溶接されて、電池モジュール周囲を取り巻く帯金を形成している、請求項73の電池モジュール。

75. 前記溶接金属バーが電池モジュールの上面と底面の間の中心部に配置されている、請求項74の電池モジュール。

76. 前記溶接金属バーが、電池モジュールの上面と底面の間の中心部に配置された三組のバーから成り、第一組のバーは電池モジュールの上面と底面の間の中間に配置され、第二組のバーは前記第一組のバーと電池モジ

ュールの上面の間に配置され、第三組のバーは前記第一組のバーと電池モジュールの底面の間に配置された、請求項75の電池モジュール。

77. 前記電池モジュールが約50～180 p s iの機械的圧縮力で互いに束ねられている、請求項74の電池モジュール。

78. 前記電池モジュールが金属バーを用いて高い機械的圧縮力により互いに束ねられており、金属バーは電池モジュールの二側面に沿って配置され、モジュールの両端面を覆う端板を支える金属管にモジュールの隅で溶接されている、請求項76の電池モジュール。

79. 前記端板が、端板の面に垂直に突き出し前記端板に更に強度を加えるリブと、前記金属管用の細溝を備えている、請求項78の電池モジュール。

80. 前記端板が前記モジュールの中で束ねられた前記電池から熱的に隔離されている、請求項78の電池モジュール。

81. 前記リブが前記モジュール中の前記電池に更なる熱放散性を与える、請求項79の電池モジュール。

82. 前記の各電池モジュールが、それ以外の電池モジュールや電池集合体ケースからある距離だけ離れて、そのモジュールを保持するモジュール・スペーサを備えている、請求項73の電池モジュール。

83. 前記モジュール・スペーサが電氣的に非伝導性材料から作られている、請求項82の電池モジュール。

84. 前記冷却剤流路スペーサが前記モジュール内の電池の電気端子を覆うような機能を加えて設計された、請求項73の電池モジュール。

85. 前記電氣的相互接続手段が編み線相互接続手段であり、高い熱放散性とモジュールの設計／配列の柔軟性を与える、請求項73の電池モジュール。

86. 前記編み線電氣的相互接続手段が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、請求項85の電池モジュール。

87. 前記電池モジュールが角柱状電池を束ねたものである、請求項73の電池モジュール。

88. 前記電池モジュールが角柱状電池を束ねたものであり、各電池がその上面に電気端子を配置して全部同

じ向きに並べられた、請求項87の電池モジュール。

89. 前記電池モジュールがモジュール当たり2～15個の角柱状電池から成

る、請求項 87 の電池モジュール。

90. 前記電池モジュールが束ねられた金属水素化物電池から構成されている、請求項 73 の電池モジュール。

91. 前記電池モジュールが束ねられた角柱状の金属水素化物電池である、請求項 90 の電池モジュール。

92. 前記電池が以下から成る、請求項 73 の電池モジュール。

(a) 電池ケース、前記電池ケースは正電池電極端子と負電池電極端子を備えている；

(b) 少なくとも一つの正電極、前記電池ケース内に配置され、電氣的に正電極端子に接続されている；

(c) 少なくとも一つの負電極、前記電池ケース内に配置され、電氣的に負電極端子に接続されている；

(d) 少なくとも一つのセパレータ、前記電池ケース中の前記正と負電極の間に配置され、前記セパレータは前記正電極を負電極から電氣的に絶縁し、しかも前記正と負の電極の化学的相互作用は妨げない；及び

(e) 前記電池ケースの中に入れられた電池電解液、

前記電池電解液は前記正電極、前記負電極、及び前記セパレータを取り囲んで濡らしている。

前記電池ケースは形が角柱状で、最適化された厚さ対幅対高さのアスペクト比を有している。

93. 前記電池ケースが熱伝導性で、機械的に強く頑丈で、耐食性の材料から作られている、請求項 90 の電池モジュール。

94. 前記電池ケースが金属で作られている、請求項 92 の電池モジュール。

95. 前記金属電池ケースがステンレス鋼から作られている、請求項 94 の電池モジュール。

96. 前記ケースが前記正電池電極端子と負電池電極端子を備えたケース蓋、及び前記電極が入る電池ケース缶とから形成されている、請求項 92 の電池モジュール。

97. 前記ケース蓋がその蓋に開いた少なくとも一つの開口の周囲を定める環状のシュラウドを備え、前記端子はその周囲に封止リップを持ち、前記端子は封止リップのところで前記環状シュラウドにかしめ封止されている、請求項96の電池モジュール。

98. 前記ケース蓋、前記ケース缶、及び前記環状シュラウドが304Lステンレス鋼で作られている、請求項97の電池モジュール。

99. 前記封止リップと前記環状シュラウドの間に粘弾性、高誘電体シールが置かれている、請求項97の電池モジュール。

100. 前記粘弾性、高誘電体シールが水素不透過性ポリスルフォン材料から作られている、請求項99の電池モジュール。

101. 少なくとも一つの前記端子が電池の内部圧力を周囲の大気中に開放するための圧力通気孔を備えた、請求項92の電池モジュール。

102. 前記圧力通気孔が前記ケース蓋を貫通した開口に繋がっている、請求項101の電池モジュール。

103. 前記圧力通気孔が以下から成る、請求項102の電池モジュール。

(a) 中空内部領域を持つ通気室、前記周囲の大気及び前記ケース内部と前記開口を介して通気がある。

(b) 前記中空内部領域の中に置かれた圧力開放ピストン、前記軸上の開口を封止できる寸法になっており、

前記軸上の開口に向き合う面にシール溝を持っている。

(c) 前記シール溝の中に納められた粘弾性、高誘電体シール、前記シール溝は前記シールの一面を残して包み込む形状になっており、前記シールの包まれていない面は露出している。

(d) 圧縮ばね、前記圧力開放ピストンを前記シール溝の中の前記シールに押しつけて、前記端子内の前記軸上の開口を閉じる。

104. 前記粘弾性、高誘電体シールが水素不透過性ポリスルフォン材料で作られている、請求項103の電池モジュール。

105. 内部の電極タブと前記端子との間の電氣的接続を形成する少なくとも一つの櫛を備えた、請求項92の電池モジュール。

106. 前記少なくとも一つの櫛が、前記内部電極タブを圧入する複数の平行溝を持つ導電性棒状物である、請求項105の電池モジュール。

107. 前記少なくとも一つの櫛が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、請求項106の電池モジュール。

108. 前記端子が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、請求項92の電池モジュール。

109. 前記正負電極の間に配置された前記少なくとも一つの電池電極セパレータが各電極を取り巻くようなセパレータを含む、請求項92の流体冷却式電池集合体装置。

110. 前記セパレータが結晶方向性を持つポリプロピレンから出来ている、請求項92の流体冷却式電池集合体装置。

111. 前記セパレータが、前記方向性結晶構造の軸が前記少なくとも一つの正電極と前記少なくとも一つの負電極の高さの方向に沿って軸合わせされている、請求項110の流体冷却式電池集合体装置。

112. 前記金属角柱状電池ケースが非伝導性高分子被覆により周囲環境から電氣的に絶縁されている、請求項92の電池モジュール。

113. 前記非伝導性高分子被覆が一層の電気絶縁性高分子テープである、請求項112の電池モジュール。

114. 前記正と負の電池電極が前記ケースの中で、それぞれの集電タブが前記ケースの蓋に向き合って配置されるように、置かれている、請求項92の電池モジュール。

115. 前記正と負の電池電極の隅に切り欠きが在り其処に正電極集電タブが置かれ、電極間の短絡を避け、且つ無駄な死荷重電極材料を排除している、請求項114の電池モジュール。

116. 前記電池が前記ケースの中に交互に配置された19の正電極と20の

負電極を備えた、請求項92の電池モジュール。

117. 前記金属角柱状電池ケースの内側が電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項94の電池モジュール。

118. 前記金属角柱状電池ケースの内側が、前記電池ケースの内側に電氣的に絶縁性の高分子材料を被覆することにより電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項117の電池モジュール。

119. 前記金属角柱状電池ケースの内側が、電池ケースの中へ気密封止して挿入した高分子の袋に電極と電

解液を入れることにより、電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項117の電池モジュール。

120. 前記負電極が熱伝導性の焼結金属水素化物電極材料で作られている、請求項92の電池モジュール。

121. 前記熱伝導性焼結金属水素化物電極が電池ケースと熱的に接触している、請求項120の電池モジュール。

122. 以下から成る、機械的改善の成された再充電可能電池。

(a) 電池ケース、正の電極端子と負の電極端子を備えている。

(b) 少なくとも一つの正電極、前記電池ケース中に配置され電氣的に前記正電極端子に接続されている。

(c) 少なくとも一つの負電極、前記電池ケース中に配置され電氣的に前記負電極端子に接続されている。

(d) 少なくとも一つのセパレータ、前記電池ケース内において前記正と負の電極間に配置され、前記正電極を負電極から電氣的に絶縁するが、前記正と負の電極間の化学的相互作用は妨げない。

(e) 電池電解液、電池ケース内に入れられ、前記正電極、前記負電極、及び前記セパレータを取り巻いて滯らしている。

前記電池ケースは形が角柱状で最適化された厚さ対幅対高さのアスペクト比を持っている。

前記電池ケースが熱伝導性で、機械的に強くて剛性があり、耐食性あ
的に絶縁さ
構成されている、請求項122の機械的改善の成された再充電可能電

側に電氣的
に絶縁され
前記電池ケースが金属で構成されている、請求項123の機械的改善
再充電可能電池。

前記電池ケースがステンレス鋼で構成されている、請求項124の機
成された再充電可能電池。

前記ケースが前記正電池電極端子と前記負電池電極端子を含むケース
記電極を納めた電池ケース缶を備えている、請求項122の機械的改
、請求項1
た再充電可能電池。

前記ケース蓋がその蓋に開いた少なくとも一つの開口の周囲を定める
ラウドを備え、前記端子はその周囲に封止リップを持ち、前記端子は
のところで前記環状シュラウドにかしめ封止されている、請求項12
改善の成された再充電可能電池。

前記ケース蓋、前記ケース缶、及び前記環状シュラウドが304Lス
で作られている、請求項127の機械的改善の成された再充電可能電

氣的に前記正
前記封止リップ前記環状シュラウドの間に粘弾性、高誘電体シールが
氣的に前記負
る、請求項127の機械的改善の成された再充電可能電池。

前記粘弾性、高誘電体シールが水素不透過性ポリスルホン材料から
る、請求項129の機械的改善の成された再充電可能電池。

前記正と負の
電池の内部圧力を周囲の大気中に開放するための圧力通気孔を更に備
項122の機械的改善の成された再充電可能電池。

負電極、及び
前記圧力通気孔が少なくとも一つの前記端子の中の開口に繋がってい
131の機械的改善の成された再充電可能電池。

前記圧力通気孔が以下から成る、請求項131の機械的改善の成され
能電池。

空内部領域を持つ通気室、前記周囲の大気及び前記ケース内部と前記

スペクト比を

開口を介して通気がある。

(b) 前記中空内部領域の中に置かれた圧力開放ピストン、前記軸上の開口を封止できる寸法になっており、前記軸上の開口に向き合う面にシール溝を持っている。

(c) 前記シール溝の中に納められた粘弾性、高誘電体シール、前記シール溝は前記シールの一面を残して包み込む形状になっており、前記シールの包まれていない面は露出している。

(d) 圧縮ばね、前記圧力開放ピストンを前記シール溝の中の前記シールに押しつけて、前記端子内の前記軸上の開口を閉じる。

1 3 4 . 前記粘弾性、高誘電体シールが水素不透過性ポリスルホン材料で作られている、請求項 1 3 3 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 3 5 . 内部の電極タブと前記端子の間の電氣的接続を形成する少なくとも一つの櫛を備えた、請求項 1 2 2 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 3 6 . 前記少なくとも一つの櫛が、前記内部電極タブを圧入する複数の平行溝を持つ導電性棒状物である、請求項 1 3 5 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 3 7 . 前記少なくとも一つの櫛が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、

請求項 1 3 6 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 3 8 . 前記端子が銅、銅合金、ニッケル被覆銅、又はニッケル被覆銅合金で作られている、請求項 1 2 2 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 3 9 . 前記正負電極の間に配置された前記少なくとも一つの電池電極セパレータが各電極を取り巻くようなセパレータを含む、請求項 1 2 2 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 4 0 . 前記セパレータが結晶方向性を持つポリプロピレンから出来ている、請求項 1 2 2 の機械的改善の成された再充電可能電池。

1 4 1 . 前記セパレータが、前記方向性結晶構造の軸が前記少なくとも一つの

正電極と前記少なくとも一つの負電極の高さの方向に沿って軸合わせされている、請求項140の機械的改善の成された再充電可能電池。

142. 前記金属角柱状電池ケースの外側が非伝導性高分子被覆により周囲環境から電氣的に絶縁されている、請求項124の機械的改善の成された再充電可能電池。

143. 前記非伝導性高分子被覆が一層の電気絶縁性

高分子テープである、請求項142の機械的改善の成された再充電可能電池。

144. 前記正と負の電池電極が前記ケースの中で、それぞれの集電タブが前記ケースの蓋に向き合って配置されるように、置かれている、請求項122の機械的改善の成された再充電可能電池。

145. 前記正と負の電池電極の隅に切り欠きが在り其処に正電極集電タブが置かれ、電極間の短絡を避け且つ無駄な死荷重電極材料を排除している、請求項144の機械的改善の成された再充電可能電池。

146. 前記電池が前記ケースの中に交互に配置された19の正電極と20の負電極を備えた、請求項122の機械的改善の成された再充電可能電池。

147. 前記金属角柱状電池ケースの内側が電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項124の機械的改善の成された再充電可能電池。

148. 前記金属角柱状電池ケースの内側が、前記電池ケースの内側を電気絶縁性高分子材料で被覆して、電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項147の機械的改善の成された再充電可能電池。

149. 前記金属角柱状電池ケースの内側が、前記電池ケースの中へ気密封止して挿入した高分子の袋に電極と電解液を入れることにより、電極と電解液から電氣的に絶縁されている、請求項147の機械的改善の成された再充電可能電池。

150. 前記負電極が熱伝導性の焼結金属水素化物電極材料で作られている、請求項122の機械的改善の成された再充電可能電池。

151. 前記、熱伝導性焼結金属水素化物電極が電池ケースと熱的に接触して

いる、請求項150の機械的改善の成された再充電可能電池。

152. 少なくとも一つの相互接続された再充電可能電池から構成され、性能を低下させる熱的動作温度を装置内に引き起こすような熱的周囲条件に曝される再充電可能電池装置において、

前記再充電可能電池の少なくとも前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される部分に、可変の熱絶縁を提供し、再充電可能電池装置の温度を変わりやすい周囲条件のもとで望ましい動作範囲内に維持する手段を有することを特徴とする、改善された前記再充電可能電池装置。

153. 前記再充電可能電池装置が単一の再充電可能電池を備えた、請求項152の再充電可能電池装置。

154. 前記再充電可能電池装置が、一つの電池モジュールとして束ねられ電氣的に相互接続された複数個の再充電可能電池を備えている、請求項152の再充電可能電池装置。

155. 前記再充電可能電池装置が、電池集合体を構成するよう一つのケースに納められた複数個の電池モジュールとして束ねられ、電氣的に相互接続された複数個の再充電可能電池を備えている、請求項152の再充電可能電池装置。

156. 前記可変の熱絶縁提供手段が温度感知器手段、圧縮性熱絶縁手段、及び熱感知器により検出された温度に応じて圧縮性熱絶縁手段を加圧する手段を備えた、請求項152の再充電可能電池装置。

157. 前記熱感知器が電子工学的感知器を、前記圧縮性熱絶縁手段が圧縮性の気泡状又は繊維状絶縁物を、圧縮性熱絶縁手段を加圧する前記手段が電子工学的感知器からの信号に応じて圧縮性の気泡状又は繊維状絶縁物への圧縮力を可變的に増加させたり減少させたりするピストン装置を含む、請求項156の再充電可能電池装置。

158. 前記熱感知器と圧縮性熱絶縁手段を加圧する前記手段が単一の装置として結合されている、請求項156の再充電可能電池装置。

159. 前記結合された、単一装置の、熱感知器／絶縁物圧縮器が、冷たい周

囲条件から電池装置を守るために圧縮性熱絶縁手段の膨張を許し、暖かい周囲条件ではその絶縁効果を除くため絶縁物を加圧するような、パイメタル片を備えた、請求項158の再充電可能電池装置。

160. 前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される前記再充電可能電池装置の前記少なくとも一つの部分が再充電可能電池の全体を含む、請求項153の再充電可能電池装置。

161. 前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される前記再充電可能電池装置の前記少なくとも一つの部分が電池モジュールの全体を含む、請求項154の再充電可能電池装置。

162. 前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される前記再充電可能電池装置の前記少なくとも一つの部分が電池モジュールの末端部のみを含む、請求項154の再充電可能電池装置。

163. 前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される前記再充電可能電池装置の前記少なくとも一つの部分が、前記電池集合体装置を構成するため前記ケース中に納められた前記複数個の電池モジュールの全てを含む、請求項155の再充電可能電池装置。

164. 前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される前記再充電可能電池装置の前記少なくとも一つの部分が、前記電池集合体装置を構成するため前記ケース中に納められた前記複数個の電池モジュールの少なくとも一つの電池モジュールの末端部のみを含む、請求項155の再充電可能電池装置。

165. 前記熱的周囲条件に最も直接的に曝される前記再充電可能電池装置の前記少なくとも一つの部分が、前記電池集合体装置を構成するため前記ケース中に納められた前記複数個の電池モジュールの全電池モジュールの末端部のみを含む、請求項153の再充電可能電池装置。

【 発 明 の 詳 細 な 説 明 】

金属水素化物電池、該電池モジュール、並びに該電池パックにおける機械的、熱的改善

関 連 出 願

本出願は、1993年10月25日に出願された米国特許出願第08/140,933号の一部継続出願である。

発 明 の 分 野

本発明は、一般的には、金属水素化物電池、電池から作られた電池モジュール、モジュールから作られた電池集合体（電池パック）に関する。特に本発明は、電池設計、電池モジュール設計、電池集合体設計における、機械的、熱的改善に関する。

発 明 の 背 景

多彩で再充電可能な電池が、多種の工業分野で、フォークリフト、ゴルフ・カート、無停電電源、電気自動車、等に使われている。

再充電可能鉛電池は、現在最も広く使われている電池

である。鉛-酸電池は、内燃機関の始動モータ用の、有用な電源である。しかし、この電池の約30Wh/kgと低いエネルギー密度と、熱放散が不十分であることが、電気自動車の電源には適用出来なくしている。鉛酸電池を使用している電気自動車は、再充電を必要とする期間が短く、再充電に約6から12時間必要な上に、有毒材料を含んでいる。加えて、鉛-酸電池を使用している電気自動車は、加速が遅く、重度の放電に対する許容度に乏しく、約20,000マイルの電池寿命しかない。

ニッケル金属水素化物電池（"Ni-MH電池"）は、鉛酸電池に比べてはるかに優れており、Ni-MH電池は、電気自動車用の最も有望な電池である。例えば、開示内容をこの特許の参考文献として載せた、OvshinskyとFetckenkoが申請中の米国特許出願第07/934,976に記述されているように、鉛-酸電池よりはるかに優れたエネルギー密度をもち、電気自動車に対し再充電なしで、250マイル以上走行できる動力を与え、15分で再充電でき

、有毒材料を含んでいない。Ni-MH電池を使用している電気自動車は、優れた加速性と、約100,000マイル以上の電池寿命を持つ。

過去において、Ni-MH電池の、電力と充電容量の電気化学的特性を改善するために、広範な研究がなされ

たことは、米国特許第5,096,667と5,104,617及び、米国特許出願第07/746,015と07/934,976に、詳しく論じられている。これらの参考文献の内容は特別に参考文献として取り入れた。

最初、Ovshinskyと彼のチームは、陰極を構成する金属水素化物に、焦点を当てた。努力の結果として、効率的で経済的な電池の応用に要求される、可逆的水素貯蔵特性を著しく増大させることが出来、高密度エネルギー密度貯蔵、効率的可逆性、率高電気効率、構造変更や毒性付加無しの効率的体積水素貯蔵、永い繰り返し寿命、深い繰り返し放電、が可能な電池を生産した。現在彼らが、"Ovonix"合金と呼んでいるものの改善された特性は、局所的な化学的規則性を調整させること、即ち素地の中に選択された改質元素を添加して、局所的な構造規則性を調整させること、によってえられた。不規則性金属水素化物は、実質的に、単結晶又は多結晶材料よりも、触媒活性点や貯蔵点の密度が増加する。これらの増加した活性点や貯蔵点は、電気化学的充電/放電の効率の改善、電気エネルギー貯蔵容量の増加、の原因である。貯蔵点の性質と数量は、触媒活性点とは独立に設計できる。更に、これらの合金は、解離した水素原子が、二次電池への応用に適した可逆性が得られる程度の、結合強度で体積貯蔵されるように、調整される。

幾つかの、極度に効率的な電気化学的水素貯蔵材料が、上に述べた不規則材料に基づいて、成分決定された。それらは、Ti-V-Zr-Ni型の活性材料で、Sapu, Hong, Fetcenko, 及びVenkatesanに与えられた米国特許第4,551,400("所謂'400特許")に開示されており、開示内容は参考文献として取り入れてある。これらの材料は、可逆的に水素化物を形成し、水素を貯蔵する。'400特許で用いられた全ての材料は、一般的

組成、 $Ti-V-Ni$ で、少なくとも Ti 、 V 、及び Ni が存在し、 Cr 、 Zr 及び Al で改質されることがある。’400特許の材料は多相材料であり、必ずしも限定されないが、 C_{11} 及び C_{12} 型結晶構造の、一つ又はそれ以上の相を含有することがある。

他の $Ti-V-Zr-Ni$ 合金も、同様に再充電可能水素貯蔵陰極として用いられる。この系統の一つは、Venkatesan, Reichman及びFetcenkoに与えられた、米国特許第4,728,586(“所謂’586特許”)に述べられており、開示内容は参考文献として取り入れている。’586特許は、 $Ti-V-Ni-Zr$ 合金で、 Ti 、 V 、 Zr 、 Ni と第五成分 Cr を含む、小系統について述べている。’586特許は、合金成分 Ti 、 V 、 Zr 、 Ni 及び Cr 以外の添加物、改質剤の可能性に付いて述べており、特殊な

添加物や改質剤、改質剤の量と相互作用、それらに期待できる特別な利点、について一般的に論じている。

上に述べた、Ovonics合金とは対照的に、それより古い合金は、一般的に”規則”材料であると考えられ、化学的性質、微細構造、電気化学的特性が異なっている。初期の規則材料の性能は劣悪であったが、1980年代の初期に改質の程度が進むに連れ(即ち改質元素の数と量が増すに連れて)、性能は著しく改善され始めた。これは、改質剤の電氣的、化学的性質と同程度に、改質剤による不規則化が寄与している。特殊な系統の”規則”材料から、現在の多成分、多相、”不規則”合金への発展に付いては、以下の特許に示されている。(1)米国特許第3,874,928(2)米国特許第4,214,043(3)米国特許第4,107,395(4)米国特許第4,107,405(5)米国特許第4,112,199(6)米国特許第4,125,688(7)米国特許第4,214,043(8)米国特許第4,216,274(9)米国特許第4,487,817(10)米国特許第4,605,603(12)米国特許第4,696,873(13)米国特許第4,699,856(これらの参考文献に付いては、米国特許第5,096,667において、広範に論じられており、この議論に付いては参考文献として、特別に取り入れている。)

簡単に言えば、改質の程度が増大するに連れて、全ての金属水素化物に於て、当初規則化されている基本合金の役割は、特別の改質剤に帰せられる性質と不規則性に比べれば、重要性が低い。加えて、市場で入手できる、種々の製造業者が生産した、現状の多成分合金の分析結果は、O v o n i c合金系に対して確立された指針に従って、これらの合金が改質されていることを示している。上述したように、全ての高度に改質した合金は、多成分と多相に特徴付けられる、不規則材料、即ちO v o n i c合金である。

明らかに、O v o n i c合金化技術の導入は、N i - M H電池の活性な電気化学的性質を著しく改善した。しかし、最近まで、N i - M H電池の性能の、機械的及び熱的な面は無視されてきたことに、注目すべきである。

例えば、電気自動車に於ては、電池の重量が自動車の重量の中で一番大きな部品であるから、電池の重量は重要な因子である。この理由により、個々の電池の重量を減らすことは、電気自動車用の電池を設計する上で、重要な考慮すべき事項である。電池の重量を減らすことに加えて、モジュールの機械的必要条件を満たしつつ（即ち、運搬の容易さ、頑丈さ、等）、電池モジュールの重量も減らす必要がある。同様に、これらの電池モジュールが、電池集合体（電気自動車用のような）として組み

込まれるときは、電池集合体部品は、出来るだけ軽くなければならない。

電気自動車への応用が、熱管理に対する決定的な必要条件をもたらしたことは、特に注目すべきことである。この理由は、個々の電池が近接して束にされ、多くの電池が、電氣的にも、熱的にも、互いに接続されているからである。それ故、充電、放電時に著しく発熱するという固有の傾向があるので、電気自動車用電池の実用設計の良否は、発生する熱を十分に制御できるか否かで判断される。

熱の発生源は、本来三つある。第一は、暑い天候での自動車走行に起因する、周囲環境の熱である。第二は、充放電時の抵抗又は I^2R 加熱であり、ここで I は、電池を流出入する電流、 R は、電池の抵抗である。第三は、ガスの再結合に起因する、過充電時に発生する莫大な量の発熱である。

上記の因子は、一般的に全ての電池に共通であるが、特にニッケル金属水素化

物電池に於て重要である。この理由は、Ni-MHが、非常に高いエネルギー密度を持ち、充放電電流も高いからである。例えば、鉛-酸電池を一時間で充電する場合、35Aの電流が使われるが、一方Ni-MH電池の再充電には、同じ一時間の充電で

100Aの電流が使われる。第二の理由は、Ni-MHが、例外的に高いエネルギー密度を持っている（即ち、エネルギーが非常に密集して貯蔵される）ので、鉛-酸電池に比べて、熱放散が困難であることによる。これは、表面積の体積に対する比が鉛-酸に比べて非常に小さいからであり、Ni-MH電池では、発生する熱が鉛-酸の2.5倍大きいのに、熱放散面積は小さくなっていることを意味している。

次の実例は、電気自動車用Ni-MH電池集合体を設計するときに直面する、熱管理の問題を理解するのに、有益である。ゼネラル・モータース社に与えられた米国特許第5,378,555（ここに参考文献として取り入れた）に於て、鉛酸電池を使用した自動車用電池集合体について述べられている。その鉛-酸電池を使った電池集合体は、約13kWhの容量を持ち、約800ポンドの重さで、約90マイルの走行距離である。同じ大きさのOvonics電池集合体で、その鉛-酸電池を置き換えることによって、容量は35kWhに増加し、走行距離は約250マイルに延びた。この比較が暗示することの一つは、15分の再充電でNi-MH電池集合体に供給される電力は、鉛-酸電池集合体に供給される電力の2.7倍で、追加熱量は同じであった、ということである。しかし、放電時の状況は、少し違っている。一定速度での高速走行に於て、自動車に電力供給するために、

電池から引き出される電流は、Ni-MH電池でも、鉛酸電池（他の如何なる電源でも）でも、同じである。本質的に、自動車を駆動する電気モータにとって、何処からエネルギーを得るか、又はどのような型の電池が電力を供給するか、は全く関係ないことである。放電に際しての、Ni-MH電池と鉛-酸電池の加熱の違いは、放電の長さである。即ち、Ni-MH電池は、鉛-酸よりも2.7

倍も遠くまで、自動車を駆動することが出来るので、”冷却する”機会が来るまでの時間が長くなる。

更に、Ni-MH電池を充放電する時に発生する熱は、小さい民生用電池や、大きい電池でも限られた時間単独で使用される限りは、普通は問題ないが、連続的動力源として使用される大型電池の場合は、特に衛星や電気自動車のように、一個以上の電池が直列か並列で使われる場合に、充放電に際して、電池モジュールや電池集合体の究極の性能に、影響を及ぼすのに十分な熱を発生する。

このように、電池、電池モジュール、及び電池集合体の設計には、エネルギー貯蔵容量を減らさないで全重量を減らす、電気自動車での稼動を成功させるための熱管理を取り入れる、電池の信頼性を増大する、製造原価を低減する、という技術上の必要性が存在する。

従来技術の欠点

高エネルギー電池技術を用いた、自動車用電池系の熱管理については、今までに解決されていない。高温で稼動するNa-Sのような技術では、特別な稼動温度を保つために、重度の絶縁をしている。この処置は、熱管理のための過剰な重量増加、高い複雑性、過剰な製造原価、等により、全体としてのエネルギー密度が著しく損失を被るので、望ましくない。Ni-Cdのような、他の系では、熱管理の試みが、水冷却装置を実用化した。しかし、この型の熱管理系は、再び、電池集合体に、重量、複雑さ、製造原価を追加することになった。

簡単に言えば、従来技術は、総合的な電池の構造／内部設計、軽量、簡単で、高価でなく、且つ電池、モジュール、集合体の構造を空冷熱管理系と結合させるような、電池モジュールや熱管理された電池集合体については、教えていない。

発明の要約

この発明の一側面は、機械的に改善された再充電可能な電池を提供することである。電池は、1) 正の電池電極端子と負の電池電極端子を備えた電池ケース；2) 電池ケースの中に配置され、正の電池電極端子に電気的に接続された、少なくとも一個の正の電池電極；3) 電池

ケースの中に配置され、負の電池電極端子に電氣的に接続された、少なくとも一個の負の電池電極；4) 電池ケース内の正の電極と負の電極の間に配置され、正の電極を負の電極から電氣的に絶縁するが、両者間の化学的相互作用は妨げない、少なくとも一個の電池電極セパレータ；及び5) 正の電極、負の電極、及びセパレータを取り囲み、且つ濡らしている電池電解液、を備えている。電池ケースは形は角柱状で、最適化された、厚さ、幅、高さ、の比を持っている。

この発明の他の一面は、改善された高電力電池モジュールを、含んでいる。この発明の電池モジュールは、1) 複数個の個々の電池；2) モジュールの個々の電池を、互いに電氣的に接続し、個別の電池モジュールを互いに電氣的に相互接続する手段を提供する、複数個の電氣的相互接続物；及び3) 電池モジュールの束縛／圧縮手段。個々の電池は、モジュール束縛／圧縮手段により、外部機械的圧縮力を用いて束ねられ、圧縮力は、電池部品の膨張に起因する外向きの圧力と均衡がとれ、且つ、正極と負極の間の距離を短くして全体としての電池電力を増やすために、各電池の電池電極に内向きの圧縮力を与えるよう、最適化されている。

モジュール束縛／圧縮手段は、1) 必要な電池圧縮力を与えられるように；2) 耐振性モジュール束縛物の必

要な機械的機能を達成するように；3) 出来るだけ軽くなるように、設計されている。

この発明の更なる他の一面は、軽量、流体冷却、電池集合体の、機械的設計である。最も基本的な形として、この電池集合体は、1) 少なくとも一個の冷却剤入口と、少なくとも一個の冷却剤の出口を持つ電池－集合体ケース；2) ケース内に配置されている、少なくとも一個の電池モジュール、その電池モジュールはケースの壁とケース内の他の電池モジュールから隔てられており、束ねられた電池の少なくとも一つの面に沿って、冷却剤の流路を形成しており、且つ、冷却剤の流路の幅は、電池から冷却剤への対流、伝導、輻射、による熱伝達が、最高になるように、寸法が最適化されている。3) 冷却剤がケースの冷却剤入口から入って、冷却剤流路を流れ、ケースの冷却剤出口から出るようにする、少なくとも

一つの冷却剤輸送手段、とを備えている。望ましい実施例では、電池集合体は空
気冷却されている。

この発明の更なる他の一面は、電池、電池モジュール、電池集合体の上述の機
械的設計が、過充電の極小化と熱発生管理によって、電池寿命を延ばす目的で、
電池集合体に素早く充電するための、充電アルゴリズムを通じて、電氣的に統合
されていることである。

最後に、電池、モジュール、集合体は、再充電可能電池で上述の熱的周囲条件
に最も直接的に晒される場所に、不特定の熱絶縁を提供する手段を備えているこ
とであり、不特定の周囲条件のもとで、再充電可能電池の温度を望ましい動作温
度に維持する。

図面の簡単な説明

図 1 は、この発明の機械的に改善された再充電可能電池の断面図の極度に様式
化された描写であり、特に、電池電極、セパレータ、電池ケース、及び電池電極
端子を示している。

図 2 は、機械的に改善された再充電可能電池、の分解断面図の様式化された描
写であり、特に、組み立てたときに、如何に多くの電池部品が相関するかを示し
ている。

図 3 は、図 2 で示した端子、ケース蓋、端子シール、及び電極櫛の分解図であ
る。

図 4 は、電池ケース蓋に、電池端子を封止するための、かしめ封止の断面図の
様式化された描写である。

図 5 は、電池端子の一具体例の、断面図の様式化された描写であり、特に如何
にして圧力通気孔を、端子内に取り入れるかを示す。

図 6 は、電池端子の他の具体例の、断面図の様式化された描写であり、特に如
何にしてソケット型の電池リード接続具を、端子内に取り入れるかを示す。

図 7 は、電極櫛の様式化された描写である。

図 8 は、この発明の電池モジュールの、平面図の様式化された描写であり、特

に電池が束ねられる方法、電池の向き、外部機械的圧縮力により電池を保持するバーと端板、及び圧縮力の作用軸を示す。

図9は、図8の電池モジュールの、正面図の様式化された描写であり、特に金属バーが端板のリブの細い溝に、如何にして組み込まれるかを示す。

図10は、図8と図9の電池モジュールの、側面図の様式化された描写であり、特に端板と圧縮バーが如何に相関しているかを示す。

図11は、この発明の電池モジュールの、平面図様式化された描写であり、特にこの発明のモジュール・スペーサと、それに取り付けられたスペーサ・タブを示す。

図12は、図11の電池モジュールの、正面図の様式化された描写であり、特に電池モジュールの上面と底面に、モジュール・スペーサが設置される方法を示す。

図13aは、この発明の電池モジュールの端板の一具体例の、様式化された描写であり、特にリブ付きのものを示す。

図13bは、図13aのリブ付き端板の、断面図の様式化された描写である。

図14は、この発明の電池モジュールと電池集合体で有効な、編み線相互接続端子の一具体例の様式化された描写であり、特に平板状の編み線相互接続端子を示す。

図15は、この発明の流体冷却電池集合体の一具体例の、平面図の様式化された描写であり、特に集合体ケースへの電池モジュールの行列配置、モジュール・スペーサが冷却剤流路を形成する方法、流体の入口と出口、及び流体輸送手段について示す。

図16は、温度制御冷却ファン・アルゴリズムが、電池集合体の自己放電時の電池温度に、如何に影響するかを示唆する、電池温度と経過時間との関係を示すグラフである。

図17は、電池抵抗と電池の厚さの、外部圧縮力との関係を示すグラフである。最適で機能的な領域が存在している。

図18は、電池温度と Wh/kg で表わした比エネルギーとの関係を示すグラ

フで、電池の比エネルギーに及ぼす温度の影響を表わしている。

図19は、電池温度と W/kg で表わした比電力との関係を示すグラフで、電池の比電力に及ぼす温度の影響を表わしている。

図20は、冷却剤流路を通る垂直な冷却剤の流れに対して、冷却剤の体積流速、熱伝達及び冷却剤速度の最高値の百分率、と中心線間隔（平均冷却剤流路幅に關係する）との関係を示すグラフである。

図21は、冷却剤流路を通る水平な冷却剤の流れに対して、冷却剤の体積流速、熱伝達及び冷却剤速度の最高値の百分率、と中心線間隔（平均冷却剤流路幅に關係す

る）との関係を示すグラフである。

図22は、“温度補償電圧抑制”充電法を用いて充放電したときの、周囲温度からの温度上昇値、電池集合体電圧、と時間との関係を示すグラフである。

図23は、“固定電圧抑制”充電法を用いて充放電したときの、周囲温度からの温度上昇値、電池集合体電圧、と時間との関係を示すグラフである。

図24は、 Ah で測定した電池容量と、M系列電池の電池の型式との関係を示すグラフである。

図25は、 W で測定した電池電力と、M系列電池の電池の型式との関係を示すグラフである。

図26は、 mAh/cm^3 で測定した規準化電池容量と、M系列電池の電池の型式との関係を示すグラフである。

図27は、 mW/cm^3 で測定した規準化電池電力と、M系列電池の電池の型式との関係を示すグラフである。

図28は、 W/kg で測定した比電池電力と、M系列電池の電池の型式との関係を示すグラフである。

図29は、 Wh/kg で測定した比電池エネルギーと、M系列電池の電池の型式との関係を示すグラフである。

発明の詳細な説明

この発明の一面は、一般的に、図1に示す、機械的に改善した、最充電可能電

池を提供することである。ニッケル-金属水素化物電池のような、最充電可能電池の分

野では典型的に、電池の電気化学的な面が強調されているが、電池、モジュール、及び集合体設計の機械的な面の改善には、遙に少ない時間とエネルギーしか、費やされていない。

発明者等は、エネルギー密度（体積的と重量的の両方）、強度、耐久性、電池性能の機械的な面、及び熱管理等の面に着目して、最充電可能電池の機械設計の改善について、研究を続けてきた。

これらの研究に対応して、発明者等は、機械的に改善した最充電可能電池 1 を設計した。その最充電可能電池は、1) 正の電池電極端子 7 及び負の電池電極端子 8 を備えた電池ケース 2 ; 2) 電池ケース 2 の中に配置され、電気的に正の電池電極端子 7 に接続された、少なくとも一個の正の電池電極 5 ; 3) 電池ケース 2 の中に配置され、電気的に負の電池電極端子 8 に接続された、少なくとも一個の負の電池電極 4 ; 4) 電池ケース 2 内の正及び負の電極の間に配置され、負の電極から正の電極を絶縁するが、両者の電気化学的相互作用は妨げない、少なくとも一個の電池電極セパレータ 6 ; 5) 正電極 5、負電極 4、及びセパレータ 6 を取り囲み、濡らしている電池電解液（図示されていない）を備えている。電池ケース 2 は、形状が角柱状で、最適化された厚さと幅と高さのアスペクト比を有している。

ここで用いられているように、“電池”という単語は、外部に正と負の端子を持つケース中に封入され、セパレータで隔てられた複数個の正及び負の電極を備えた、電気化学的電池を意味し、全ての電極は、適切な各端子に接続されている。

この最適化されたアスペクト比は、以下に述べるように、最適化アスペクト比を持たない角柱状電池に比べて、電池に均衡の取れた最適な性質を付与する。明確に言えば、厚さ、幅、及び高さが全て最適化されており、有害な末端効果を排除して、最高の容量と出力が得られる。加えて、この特別なケース設計は、一方

向膨張をもたらし、外部機械的圧縮力をその一方向にだけ加えることで、容易に補償することが出来る。発明者等は、電極厚さと幅の最適な比は、約0.1と0.75の間にあること、高さとの最適な比は、0.75と2.1の間にあることを、見いだした。電池と、電極の高さと幅の比の特別な例が、表1に与えられている。

表 1

| 電池の型式 | 高さ(mm) | 幅(mm) | 比(高さ/幅) |
|-------|--------|-------|---------|
| L | 140 | 75 | 1.87 |
| M | 187 | 91 | 2.06 |
| M-20 | 167 | 91 | 1.84 |
| M-40 | 147 | 91 | 1.62 |
| M-60 | 127 | 91 | 1.40 |

比の最適範囲の中にあっても、電池に要求される性質によって、更に細かい最適範囲があることに、注目すべきである。例えば、図24～図29は、M系列の電池（表1に示した）のそれぞれ異なった高さとのアスペクト比が、要求される特別の性質に応じて、如何に違った最適値を与えるかを示している。図24と25は、Ahで表わした容量、Wで表わした電力、と電池の型式との関係を示すグラフであるが、最高容量と電力に関しては、M電池が最良であることを示している。しかし、mAh/cm²で表した規準化容量、mW/cm²で表した規準化電力、と電池の型式との関係を示すグラフである、図26と27に見られるように、容量と電力が電極の面積に対して規準化された場合は、M-40が最良である。加えて、電池の比電力が決まっている場合も、M-40が、図28に示すように最良である。ここで図28は、

W/kgで表した電池の比電力と、電池の型式との関係を示すグラフである。最後に、電池の比エネルギーが重要な場合は、Wh/kgで表した電池の比エネルギーと、電池の型式との関係を示すグラフである、図29から分かるように、M

－20が最良である。

最適比を決めるに当たり、発明者等は、電池が高過ぎる（背丈が高い）と、膨張と収縮に際して、割れやすいという傾向が増加することに着目した。又、電極の内部電気抵抗の増加、及び電池の底への電解液の重力偏析は、電極の上部を乾燥させるという問題を生じる。後の二つの問題は、電池の容量と出力を低下させる。一方、電極があまりに短いと、電気化学的活性物質の含有量が下がることにより、電池の容量と電力が低下し、更に、電池の比エネルギー密度も、電池の死荷重成分の電気化学的活性成分に対する割合が変化することにより、低下する。

電池の幅が広すぎると、膨張と収縮に際して、電極が割れやすいという傾向が増加する。更に、内部電気抵抗が増加すると、電池の容量と出力が減少するという問題もある。しかし、電極の幅が狭すぎると、電気化学的活性物質の含有量が下がることにより、電池の容量と出力が低下し、更に、電池の比エネルギー密度も、電池の死荷重成分の電気化学的活性成分に対する割合が変化することにより、低下することになる。

最後に、電池が余りに厚いと、中央の電極からの熱放散がうまく行かず、電池の容量と出力を低下させる。又、全電極の束の厚さ方向の膨張が増大し、電池ケースの歪みや損傷の原因となり、正電極と負電極の間に隙間を生じて、電池の電力と容量を低下させる。この電極の束の過剰な膨張は、外部機械的圧縮力で補償されなければならない。しかし、電池が厚すぎると、膨張を補償するために過剰の外力が要求され、電極の割れが発生する。一方、電池が薄すぎると、電極の電池中へ入れられる数が少なくなり、電気化学的に活性物質の含有量が減少するので、電池の容量と電力が低下し、更に、電池の比エネルギー密度も、電池の死荷重成分の電気化学的活性成分に対する割合が変化することにより、低下する。

この明細書に於て、単語”膨張”は、熱的及び電気化学的膨張の両方を含んでいる。熱的膨張は、上述の機構による電池部品の発熱が原因で、電気化学的膨張は、電池の電気化学的活性物質が、充電状態と放電状態で異なった格子構造をとることに起因する。

電池ケース2は、金属のように、熱伝導性で、機械的に強くて剛性があり、電

池化学作用に対して不活性な材料で、作るのが望ましい。代わりに、高分子や複合材が、電池ケース材料として使われることがある。このような

材料を選ぶときは、熱伝達を考慮に入れなければならない。参考文献として取り入れた、1995年5月5日出願の、米国特出願許第08/238,570に、詳述されているように、プラスチックのケースでの実験は、プラスチック・ケース金属-水素化物電池では、容量のC/10から120%で繰り返し使用した後、内部温度が周囲温度より約80℃上昇したが、ステンレス鋼ケースでは、32℃しか上昇しないことを示した。即ち、熱伝導性の高分子又は複合材ケースが望ましい。最も望ましいのは、ステンレス鋼でケースを作ることである。非電導性高分子を被覆して、周囲環境から金属ケースの外表面を、電氣的に絶縁することは有利なことである（図示していない）。このような被覆層の一例は、ポリエステルのような高分子で作った、高分子絶縁テープである。高分子テープの機械的強度と頑丈さが、絶縁特性同様に重要である。加えて、高価でなく、均質で、且つ薄いことが望ましい。

電池ケース2の内部も、電池電極から、電氣的に絶縁されていなければならない。これは、電池ケースの内面を、電氣的に絶縁物である高分子（図示されていない）で被覆することにより達成するか、又は、電池化学作用に不活性な電気絶縁性高分子の袋（図示されていない）の中に、電池電極と電解液を封入することで達成される。この袋は、次いで封止され、電池ケース2に挿入される。

図2に示した好ましい具体例において、電池ケースは、正の電池電極端子7と負の電池電極端子8が取り付けられているケース蓋3、及び中に電極4、5を納めた電池ケース缶9、を備えている。図3は、ケース蓋3が開口13を備えており、開口を通して正と負の電池端子7、8が、電池電極4、5と電氣的に接続している。開口13の直径は、端子7、8の外径よりも僅かに大きく、端子7、8をケース蓋3に封止するための端子シール10の外形よりは小さい。端子7、8は、端子シール10を用いてケース蓋3に端子7、8を封止するのに役立つ、封止リップ11を備えている。シール10の典型的なものは、封止リングである。

シール10は、端子7、8の封止リップ11をはめ込む封止リップ細溝12を備えている。この細溝12は、端子7、8とケース蓋3との間の良好な耐圧封止に役立ち、端子7、8をケース蓋3にかしめるときに、シール10を定位置に保持するのにも役立つ。シール10は、粘弾性、高誘電性、水素不透過性の、例えばポリスルフォンのような材料で作るのが望ましい。ケース蓋3は、開口13の回りを取り囲み、ケース蓋3の外部にまで延びた、シュラウド14を備えている。このシュラウド14は、シール10の外径より僅かに大きい内径を持っている。シュラウド14は、シール10と、電池端子7、8の封止リップ11の回りにかしめられ、端子7、8とケース蓋3の間の、電氣的に不

導体の耐圧封止を形成する。かしめ端子封止は、従来技術のねじ封止よりも耐振動性が良い。ケース蓋3、ケース缶9、及び環状のシュラウド14は、304Lステンレス鋼で作るのが望ましい。

図4は、特に、電池端子7、8がケース蓋3にかしめ封止される様子を描写した、この発明の電池の一部分を示す。この図から、ケース蓋3のシュラウド14が、シール10の回りへどのようにしてかしめ封止され、一方、シールは電池端子7、8の封止リップ11の回りに、如何にして封止されるかが、明瞭に確定することが出来る。このようにして、耐振加圧封止が形成される。

端子7、8をケース蓋3に取り付ける方法は、端子7、8をケース蓋3にかしめ封止することを含んでいる。このかしめ封止法は、従来技術に比べて多くの利点を持っている。かしめ封止は、高速機械で迅速に実施できるので、直接製造原価の低減につながる。加えて、この方法は、従来技術より使用する材料が少ないので、端子の重量を軽くし、間接的に製造原価を低減する。この設計の、材料の重量軽減と一對になった広い表面積は、端子からの熱放散の増加をもたらす。更なるこの発明の利点は、電池ケースその他の部品を、可鍛性のあるいかなる材料からでも作ることが出来、特にレーザ封止、特別なセラミックと金属の封止、その他の特殊な（それ故高価な）

方法等を必要としない。加えて、全体の部品数や、高度な機械加工をした精密組

み立て部品を、必要としない。

電池端子7, 8は、典型的には、望ましくは耐食性のためニッケルめっきした、銅又は銅合金から作られる。しかし、電池の化学作用と両立性のある、電気伝導性のある材料であれば、使用することが出来る。この発明の文脈中で述べられた電池端子7, 8は、従来技術によるものに比べて、環の厚さは薄く、直径は大きいことに、注目すべきである。結果として、この発明の端子は、熱放散が非常に効果的で、電池の熱管理に大きく寄与する。

端子7, 8は、中心軸に沿った中央孔15を備えている。中央孔15は、多くの目的に使われる。一つの重要な目的は、電池の重量低減に寄与することである。亦、中央孔は、外部電気接続端子の圧入孔として使うこともできる。円筒状又は環状の電池リード接続具が、中央孔15に圧入され、電池への外部電気接続を提供する。最後に、中央孔は、電池の内部から過剰な圧力を逃がすための、圧力開放通気孔の場所としても役立つ。中央孔15は、端子の途中まで達してもよい（接続具ソケットとしてのみ、使用する場合）、貫通していてもよい（圧力通気孔を備え、接続具ソケットとしても使用する場合）。

端子7, 8の少なくとも一個が、周囲の大気へ電池の内部圧力を開放するための圧力通気孔を備えている場合は、圧力通気孔は、端子内の字句に沿った開口の中に取り付けることができる、図5参照。最も望ましい形としては、圧力通気孔16は、1) 周囲の大気及び電池ケースの内部と、開口15, 18, と23を介して、通気状態にある中空部分21を持つ通気室17; 2) 圧力開放ピストン19は中空部分21中にあり、圧力通気孔16を封止出来る寸法を持ち、圧力通気孔16の反対側の面に封止溝20を持っている。; 3), 粘弾性、高誘電体シール（図示されていない）が封止溝の中に入れられており、封止溝20は、シールをその一面だけを残して包み込むような、形状になっている。; 4) 圧縮ばね22は、圧力開放ピストンが封止溝20の中のシールを圧縮し、端子7, 8の開口18を閉止する。1993年11月2日に出願登録され、発明の名称が”改善された圧力通気孔を持つ電気化学的電池”の共有になる米国特許第5, 258, 242を参考にして、その開示内容を、ここに取り入れた。粘弾性、高誘電体シール

ルは、水素不透過性のポリスルホン材料で作るのが望ましい。加えて、電池缶は、一般的に最高で150 p s i に耐えられるよう設計されているので、電池の保全性を確保するために、約120 p s i 過剰になったら、内部圧力を開放するように、通気孔を設計するのが望ましい。

上述の開放可能通気孔に加えて、この発明の電池には別の型の通気孔も使うことが出来る。特に、破壊円板、圧力プラグ、及び隔壁通気孔が使える。隔壁通気孔の一つが、米国特許第5, 171, 647に述べられており、その内容ここに参考文献として取り入れてある。又、圧力通気孔は、中空の電池端子の中に入れるのが望ましいが、専用の保護室の中へ入れるか、単に電池ケースの上面の開口に取り付ける等、電池の何処にでも効果的に取り付けることが出来る。

電池端子の他の具体例が図6に示してあり、外部電池リード接続具24が圧入されている端子7, 8を示す。接続具24は、外部電池リード25に取り付けられている。リード25は、中実バー；金属リボン；単複の撚り線；編み線、等のように技術的によく知られた、高電流電池電線（如何に述べるような）のいずれでもよい。望ましくは、リード接続具は24、中空環状の胴型接続具で、電池端子7, 8の中央孔15に、軸を合わせて圧入される。リード接続具24は、胴型接続具ウェブ26を介して、電池端子7, 8の中に保持される。中実の胴型接続具については、K o c h等に与えられた1987年4月14日付の米国特許第4, 657, 335と、1988年3月29日付の4, 734, 063に述べられており、発明の名称は、“半径方向に弾性のある電気ソケット”で、開示内容は参考文献として取り入れてある。

もし必要ならば、図5及び6に示した具体例を、圧力通気孔16と外部電池リード接続具24の両者を纏めた、一つの具体例に結合することが出来る。加えて、破壊円板（再開放不能な、過剰圧力開放装置）を、圧力通気孔の代わりに、又はそれに加えて、設置することが出来る。

かしめ封止端子とケース蓋が、この発明の望ましい具体例であるが、他の型の端子、従って、他の型のケース蓋を使うこともできる。特に、Oーリング型シー

ルと一体になった、ねじ付き端子が採用できる。一般的に、電池の動作時の圧力に耐え、電池の電気化学的環境に抵抗力がある限り、如何なる型の封止端子でも使うことが出来る。

どのような電池系でも、電池、モジュール、及び集合体に関するこの発明の利益を受けることが出来るけれども、正電極はニッケル水酸化物、負電極は水素吸蔵合金で作るのが望ましい。望ましくは、負電極材料はO v o n i c 金属-水素化合物合金である（即ち、不規則、多成分金属水素化合物合金で、1994年6月14日出願の米国特許出願第08/259,793と1995年4月18日登録の米国特許第5,407,781 [いずれも、特別に参考文献として取り入れた] 及び、その中の出願特許や参考文献として引用されている。）亦、電極は、不

織の、フェルト状ナイロン又はポリプロピレン製セパレータで隔離されるのが望ましく、電解液は、例えば重量百分率で20から45%の水酸化カリウムを含む、アルカリ性電解液が望ましい。このようなセパレータは、米国特許第5,330,861に述べられており、内容を参考文献として取り入れた。

市場における民生用のNi-MH電池、十分なガス再結合速度を達成し、且つ基本合金の酸化と腐蝕を防ぐために、ペースト状の金属水素化合物電極を用いた。このようなペースト状電極は、活性物質の粉を、プラスチック結合剤とその他の非導電性の疎水性材料とを混合したものである。この方法の望ましくない帰結は、導電性基板に100%導電性の活性物質を圧着した、この発明の構造に比べると、電極構造物の熱伝導性が著しく低下することである。

この発明による封止角柱状Ni-MH電池においては、過充電時に発生する熱が更に増強されるのを、熱的に伝導体である金属水素化合物電極材料電池を束ねることによって、防いでいる。この熱伝導性金属水酸化物電極材料は、互いに密着した金属水酸化物粒子から成っている。過充電時に発生する酸素は、これらの粒子の表面で再結合して、水と熱を生成する。この発明では、この熱は熱伝導性負電極材料に伝わり、集電器を経て、ケースの表

面へと伝わる。熱伝導性金属水素化合物電極材料を束ねたものの熱効率、熱伝導

性の電池ケースと、束ねられた電極とが熱的に接触していると、一層改善される。

この発明では、金属水素化物負電極材料は、米国特許第4,765,598; 4,820,481; 4,915,898; 5,507,761; 及び、米国特許出願第08/259,793 (内容は参考文献として取り入れている) に述べられている如く、Ni-MH粒子が互いに密接な熱的接触をするように、焼結法を適用した焼結電極であることが望ましい。

この発明で用いた正電極は、ニッケル水酸化物で作られている。正電極は、米国特許第5,344,728 (参考文献として取り入れた) に述べられているように焼結するか、米国特許第5,348,822,69及びその分轄特許 (参考文献として取り入れた) に述べられている如くペースト状にして、ニッケル・フォームやニッケル繊維マットを形成する。

この発明の一面は、封止したNi-MH電池に於ては、過充電時に熱発生が多く、商業的に希望される高速充電に於て特別激しい。過充電時の熱発生が、金属水素化物電極表面での、酸素の再結合に起因することは注目に値する。結果として、熱伝導性金属水素化物電極を、

ペースト状正電極と組み合わせて使うことは可能である。好ましい具体例は、電池の比エネルギー、全体の性能、製造原価を、最適化するのに特に有用である。焼結電極の使用に関する、更に詳しい記述に付いては、1994年5月5日出願の米国特許出願第08/238,570、発明の名称”封止大型ニッケル-金属水素化物電池”を見ること、内容に付いては参考文献として取り入れている。

図2に示すように、電極積層体を形成している各電極4,5は、電気接続タブ27を備えている。これらタブ27は、電池内で発生した電流を電池端子7,8へ運ぶのに使われる。タブ27は、電氣的に端子7,8に接続され、端子はこの接続のための突起物28を備えている。この突起物28は、端子7,8を電極タブ集電極29に、電氣的且つ物理的に接続するのに使われる。図7に示すように、集電極29は、複数の平行な電極タブ収納溝30を備えた、電気伝導性バーであり、収納溝は電極タブ27を圧入、溶接、又はろう付けで固定する。図7は、電極

櫛29の電池端子接続孔31を示す。電池端子の溶接／ろう付け用の突起物28は、開口31に圧入された後、必要又は要求に応じて、その位置で溶接又はろう付けされる。

櫛29は、電気エネルギーを電極4、5から、端子7、

8へ伝達するための、耐振性接続具を提供する。櫛29は、端子7、8の底面の突起物28を、タブ27にボルトで締める従来技術による方法に比べて、より大きな耐振性を提供する。端子7、8にタブ27を従来技術で接続する方法は、より長いタブとケース（より大きな上部空間を持ったケース）を必要とする。これは電池の全重量と体積を増加させる。ボルトが無いと、電池の上部空間が著しく小さくなり、結果として体積エネルギー密度が増大する。櫛29と電池端子7、8は、銅又は銅合金で作るのが望ましく、更に望ましくは、耐食性のためのニッケル被覆を行なう。しかし、これらは、電池の化学作用と両立できる電気伝導性材料でさえあれば、如何なる材料からでも作ることが出来る。電極タブ集電櫛29は、電池端子に電極タブ27を取り付ける好ましい手段ではあるが、ボルト、ねじ、溶接及びろう付け、等の従来技術も、同様に使うことが出来るので、この発明は望ましい具体例に限定されるものではない。

正負の電池電極4、5は、それぞれのタブが、ケースの上面で互いに向き合って配置されるように、電池ケースの中で配置される。即ち、負電極の全てのタブは、電池の一方の側に配置され、正電極の全てのタブは、電池の反対側に配置される。望ましくは、正負の電池電極は、切り欠きのある隅部（図示されていない）を持ち、其処に反対の極性の電極タブが配置されており、電極間の短

絡を避け、使われない死荷重電極材料を排除する。一方の電極のタブに捻じれが生じたり、尖った突起が出来ると、電極セパレータを貫通して、近接した反対の極性の電極と、短絡することがある。死荷重電極材料は、活性物質の電極内での結合が原因であり、反対の極性の電極から離れて、不活性になるからである。

電池ケース缶は、その厚さに応じて何枚でも電極を収納できるが、望ましくは、電池が、ケース内部に交互に配置された、19枚の正電極と20枚の負電極を

備えていることである。即ち、電極は、負電極を両外側にして、正電極と負電極が電極積層体全体にわたって、交互に並んでいる。この構成は、電池が外部機械的圧縮力を受けたときに、短絡する可能性を避けることが出来る。即ち、もし電池積層体の両外側に、正と負の電極があったとすると、電池が外部機械的圧縮力に曝されたとき、金属電池ケースを通り、電極が電氣的短絡路を形成する可能性が有りうる。

一組の電池電極の回りにだけ（即ち、負又は正しいずれかの電極の回りにだけ）、電極セパレータ6が在ればよいが、それぞれの組の電極の回りにセパレータを備えていることは、有利なことである。データが、二重セパレータの使用は、電池の自己放電の水準を下げらることを、示唆している。特に電荷保持力は、一重セパレータの電

池に対しては、二日後に約80%であったが、二重セパレータの電池に対しては、二日後に約93%と増加した。セパレータ6は、従来技術でよく知られた、典型的なポリプロピレン・セパレータ材料製である。この材料は、機械加工が原因と考えられる方向性結晶構造を持ち、ポリプロピレン・セパレータ材料の結晶は、電極の長手方向に軸がそろっているのが望ましい。この結晶方向性が、摩擦を低下させ、機械的圧縮や膨張に際して、セパレータの結晶が隣のセパレータの結晶と互いに固着するのを防ぎ、結晶の固着に起因する電極の割れを防ぐ。

この発明の他の面は、改善された大電力電池モジュール（”電池モジュール”又は”モジュール”という単語は、ここでは、二個以上の電氣的に相互接続された電池と、定義する。）で、特に図8から12に示したものを含んでいる。利用価値を持つためには、モジュール中の電池は、高密度充填で、携帯可能で、且つ使用時の強度的が安定していなければならない。加えて、電池モジュールの組み立てに用いる材料（電池自身から離れて）は、モジュールに過剰な死荷重を加えてはいけない。さもないと、モジュールのエネルギー密度が害を受けることになる。亦、電池は繰り返し使用の間に多量の熱を発生するので、組み立て材料は熱伝導性でなければならず、電池からの熱伝達を妨げず、且つ電池やモジュールの中に熱を捕えておく、熱溜まりとして作用しないように、出来

るだけ小さくしなければならない。これらや、それ以外の要求を満たすために、発明等は、この発明の改善された大電力電池モジュールを設計した。

この発明の電池モジュール32は、1) 複数個の個別の電池1; 2) モジュール32の個々の電池1を互いに接続し、且つ別々の電池モジュール32を、互いに電氣的に相互接続する手段を提供する、複数個の外部電池リード25; 及び3) 電池モジュールを、束縛/圧縮する手段(如何に述べる)、を備えている。電池は、外部機械的圧縮力(この利点に付いては後述)によって、モジュール束縛/圧縮手段の中で互いに束ねられ、輸送時又は使用時の振動にさらされた時動かないように、しっかり固定される。

どのような数の電池でも、一つのモジュールとして束ねることが出来るが、一束当たり、2個から15個が代表的な数である。電池モジュール32は、この発明の角柱状電池を束ねたものである。望ましくは、各電池の電池端子が上面に向いて(図9と12を見よ)、同じような方向を向いて並んで、束ねられるのがよい。モジュール内の電池は、電池の一番短い側面がモジュールの側面と向き合うように置かれており、電池の一番広い側面(電池が膨張するとき反る)は、モジュール内の他の電池と隣り合わせになるように置かれる。この置き方は、

モジュール内で一方向にだけ膨張させることになり、望ましいことである。

電池1は、モジュールの束縛/圧縮手段の中で、電池部品の膨張による外向きの圧力と均衡するように、最適化された外部機械的圧縮力により束ねられており、外部機械的圧縮力は、正と負の電極の間の距離を短くするように、各電池の中の電池電極に内向きの圧縮力を加えて、全体の電池電力を増大させる。

上で論じたように、この発明のモジュールで好ましい電池として用いた角柱状の電池の膨張は、一方向になるよう設計してあるので、膨張を相殺するための圧縮力はこの方向にだけ要求される(圧縮力の方向は矢印33を参照)。もし相殺されないと、膨張が、電池の外部ケースを曲げたり、反らせたりし、電極間の間隔が最適値より大きくなり、結果として電池の電力が低下する。亦、膨張を過度に補償することが、ある点迄は有益であることが分かった。即ち、ある点迄は、過剰な圧縮力が、束ねられた電池の出力を(内部抵抗を減少させて)実際に増加

させる。しかし、極端に過剰な圧縮力は、電池内の電極の割れと短絡をもたらす。過剰圧縮力による電力増加の機構は、正電極の圧縮に起因すると信じられており、電極と電極集電具の活性物質粒子間の接触抵抗の減少により、正電極の抵抗が低下する。亦、セパレータの圧縮

は、電池の正と負の電極間の、極板間隙の減少をもたらし、電極間のイオンの移動距離を短くし、結果として電極間の電解質抵抗を低下させる。

図17は、モジュール圧縮力の、電池抵抗に対する相関関係を示す。端板（以下に述べる）を持つモジュールを、種々の力で圧縮し、電池の内部抵抗（唞出力と充電効率に関係する）と電池の厚さを測定した。図17を精査すると分かるように、これらのモジュールに対して、約70から170 p s i（約100 c m²の面積に対して約1100から2600ポンドの力）の圧縮力の最適範囲が在り、約50から180 p s i（約100 c m²に対して約800から2800ポンドの力）の作動範囲がある。明らかに、このモジュールに使った電池に関しては、作動範囲の上限を超えるか下限を下回る圧縮力は、電池の内部抵抗の増加をもたらし、電力を低下させることが分かる。異なる寸法の電池に対しては、最適及び作動圧縮力範囲が違ってくるが、異なる寸法の電池に対する、抵抗と圧縮力の関係を示すグラフは、適正な電池性能に対応して圧縮力の作動及び最適範囲が存在する点で、全て似ていることに着目すべきである。

1) 必要な圧縮力が適用できる 2) 耐振性モジュール束縛／圧縮手段の必要な機能を果たす 3) 出来るだけ軽い、という設計／材料の構成を見いだすのは、非常に難

しい仕事である。発明者等は、金属バー34（望ましくはステンレス鋼）を用いて、電池モジュールを、高い機械的圧縮力で、束ねることが出来ることを見出したが、ここで、金属バーは、電池モジュール32の四側面全てに沿って配置され、モジュールの四隅のバーが会うところで溶接されているので、電池モジュールの周囲を取り巻く、帯金を形成することになる。望ましくは、溶接した金属バーは、電池モジュールの上面と底面の間で、膨張が最も厳しい中央部に配置する

のがよい。電極積層体が含まれない領域で電池を圧縮しても効果が無いが、それは電極を圧縮しないからである。実際に、内部の絶縁物を貫通して、電極が金属缶に短絡する結果となり有害である。

図から直ちに読み取れるわけではないが、電池ケースの上面と底面の周辺での厚さと幅は、全体での厚さと幅に比べて0.5から1.0mm小さいことに注目すべきである。この寸法を小さくしたことで、圧縮力の全てが、確実に電極板積層体とセパレータだけに伝えられる。

溶接した金属バー34は、電池モジュールの上面と底面の間の中央部に、二組又は三組配置されるのが望ましい。もし三組のバーが用いられるときは、第一組のバーを電池モジュールの上面と底面の真中に配置し、第二組のバーは第一組のバーと電池モジュールの上面の間に、

第三組のバーは第一組のバーと電池モジュールの底面の間に、配置すべきである。これは均一な圧縮力の分布をもたらし、各バスの応力を緩和する。このような圧縮力の分布は、最少で再軽量の金属バーの使用を可能にし、モジュールの死荷重を低減する。

もう一つの望ましい設計は、モジュールの端部に金属性の端板35を使うことである。ステンレス鋼バーは、電池モジュールの側面に沿って配置され、モジュールの隅で直方体の金属管(図9の45)に溶接され、バーの端部に代わって、端板35を決まった位置に保持する。この設計は、圧縮力の分布をより良いものにする。端板35は、望ましくは、アルミニウム製で、端板35の板面に垂直に突き出たリブ36を備えており、板35に強度を加え、より軽い材料の使用を可能にしている(端板の一実施例は、図13aと13bに示してあり、他の実施例は、1995年5月5日出願の、米国特許出願No. 08/238,570に述べられており、参考文献として内容を取り入れている)。端板35がこのようなリブ36を持っている場合、直方体金属管45を納める細い溝(図にはないが、図9参照)がリブに備わっている必要がある。端板35は、望ましくは、モジュール32の中に束ねられている電池から、熱絶縁性材料によって熱的に隔離又は絶縁され、その材料は高分子又は高分子フォームで出来た熱絶縁層であると好

ましい。この絶

縁は、端板35のリブ36の冷却フィン作用によると思われる、モジュール内の電池の不均一な温度分布を防ぐものである。しかし、リブ36は、モジュール32中の電池1の熱放散性の増加を、もし必要なら、近接した電池1に端板35を熱的冷却体として作用させることにより、提供することが出来る。

個々のモジュール32は、他のモジュール32電池集合体ケースからそのモジュール32を離して保持するための、モジュール・スペーサ37（図11と12参照）を、更に装備してもよい。これらのモジュール・スペーサ37は、モジュール32の上面と底面に置かれ、モジュール32中の電池1の角部、外部電池リード25、及び電池1の端子7、8の保護をする。更に重要なことは、スペーサ37両側のつまみ38は、モジュール32を最適な距離だけ離して、保持できることである。スペーサ37は、望ましくは、軽量で、非電気伝導性の、耐久性高分子の様な材料で作る。亦、スペーサが出来るだけ少ない材料で必要な機能を達成し、なをかつ、出来るだけ軽いことが、全体としての集合体エネルギー密度にとって重要である。

この発明の電池とモジュールは、望ましくは導電性リード25（図8と9参照）で、低抵抗通電路を形成するように、互いを電氣的に相互接続する。リード抵抗と接

触抵抗を含む全抵抗は、0.1ミリオームを超えないことが是非望ましい。リードは、ねじ、ボルト、望ましくは、上述したソケット型のリード接続具24で、端子に固定される。この発明の電池モジュール32のリード25は、編み線相互接続端子（図14参照）であることが望ましく、高い熱放散と、モジュール設計／構成の柔軟性を与える。即ち、編み線相互接続端子25は、この発明の電池モジュールの中で二つの重要な機能を果たす（通常の、電池の外部での電気エネルギーの輸送機能）。第一は、編み線25は可撓性であり、モジュール32中の個々の電池端子7、8間の距離の変化をもたらす、個々の電池1の膨張収縮に適應する。第二に、編み線相互接続端子25は、中実の電線やバーよりも著しく高い

表面積を持っている。これは、この発明の電池、モジュール、集合体の熱管理にとって重要であり、その理由は、電氣的相互接続が熱放散の一経路であり、電池の内部に始まり、電極4、5を上へと通り、電極タブ27を通り、電池端子7、8を通して、編み線相互接続端子25へと出るからである。それ故、リード25の表面積が、大きければ大きいほど、熱放散は大きくなり、電池の熱管理は良くなる。編み線相互接続端子であるリード25は、望ましくは、銅又は銅合金から作られ、耐食性のためニッケルで被覆するのが望ましい。

この発明の更にもう一つの面（図15に示す）は、流

体冷却式電池集合体（電池パック）の機械的設計である。なお、ここで用いられる単語“電池集合体”又は“集合体”、電池モジュールが二個以上電氣的に相互接続されたものを意味する。再び、電池の動作の繰り返しの間に、多量の無駄な熱を発生することに着目すべきである。これは、特に電池の充電の時に、真実である。この過剰な熱は、電池系にとって害があると言うより、むしろ壊滅的である。電池集合体が、熱管理をしないか不適当なときに、以下の幾つかの否定的な特性に遭遇する：1）実質的に容量と電力が低い；2）実質的に自己放電が増加する；3）電池とモジュールの間の温度の均衡が崩れて、電池が酷使される；4）電池の繰り返し寿命が短い。故に、最適な有用性を持つためには、電池集合体は適切な熱管理が必要である。

電池集合体の熱管理に於て考慮されるべき因子は次の様である。1）電池に永久損傷を与えないように、全ての電池及びモジュールは65℃以下に保つべきである；2）電池定格の少なくとも80%を得るためには、全ての電池及びモジュールは55℃以下に保つべきである；3）最大の繰り返し寿命を達成するためには、全ての電池及びモジュールを45℃以下に保つべきである；4）最適性能を得るためには、個々の電池と電池モジュールの間の温度差は、8℃以下に保たねばならない。この発明の改善は、電池間の温度差を約2℃以下に規制できる

ことに、注目すべきである。

電池集合体の熱管理は、多様な作動条件のもとで、Ni-MH電池の最適性能

と耐久性を、保証するための十分な冷却を提供しなければならない。米国に於ける周囲温度は、低緯度の49の州で少なくとも -30°C から 43°C の広い範囲にわたっている。この周囲温度のもとで、電池を最適性能範囲の約 -1°C から 38°C の間に保って、電池集合体の作動有効性を達成することが必要である。

ニッケル-金属水素化物電池は、ニッケル正電極での酸素の発生によって起きる問題で、 43°C 以上の極度の高温では、充電効率性能が低下する。この効率低下を避けるためには、理想的には、充電時の電池温度を 43°C 以下に保つ必要がある。ニッケル-金属水素化物電池は、負電極の性能低下により、約 -1°C 以下の温度で、電力性能の低下を示す。低い電力を避けるためには、電池温度は、充電時に約 -1°C 以上に保つ必要がある。

上で触れたように、高温及び低温での性能低下に加えて、充電時のモジュール内の電池間の温度差によって有害な効果が発生しうる。大きな温度差は、電池の充電効率の不均衡の原因となり、同様に、低い容量性能をもたらす充電状態不均衡を生み出し、過充電や過放電障害に至る傾向が強い。これらの問題を避けるために、電池

間の温度差は、 8°C 以内望ましくは 5°C 以内に制御する必要がある。

図18は、この発明のニッケル金属水素化物電池の、電池温度と Wh/kg で測定した電池比エネルギーとの関係を示す。見られるように、電池の比エネルギーは約 20°C を超えると下がり始め、約 40°C を超えると徹底的に低下する。図19は、この発明のニッケル金属水素化物電池の、電池温度と W/kg で測定した電池比電力との関係を示す。見られるように、電池の比電力は温度とともに上昇するが、約 40°C 以上で横遣いになる。

流体冷却式電池集合体の設計に於ける他の因子は、機械的な考慮を含んでいる。例えば、最終製品の容積を節約するために、電池とモジュールの充填密度は、出来るだけ高くなければならない。加えて、熱管理のために電池集合体に加えられたものは、如何なるものであれ、その電池系の全体のエネルギー密度を低下させるが、それは、電池自身の電気化学的容量に全く寄与しないからである。これらやその他の要求に答えるため、発明者等はこの発明の流体冷却式電池集合体を

設計した。

この発明の流体冷却式電池集合体39の最も基本的な形（一実施例を図15に示す）は、次のものを備えている：1）少なくとも一個の冷却剤入口41と、少なくとも

も一個の冷却剤出口42を持つ電池集合体ケース40；2）電池モジュール32が、ケースの壁及びケース40の内の他の電池モジュール32から間隔が明いていて、束ねられた電池の少なくとも一面に沿って、冷却剤流路43を形成するように配置された、少なくとも一個の電池モジュール、ここで冷却剤流路43の幅は、対流、伝導、輻射の熱伝達機構により、最高の熱伝達が出来るように、寸法が最適化されている；3）冷却剤を集合体ケース40の冷却剤入口41から流入させ、冷却剤流路43を通し、ケース40の冷却剤出口42から流出させる、少なくとも一つの冷却剤輸送手段44。望ましくは、そうしてより現実的には、電池集合体39は、複数個の電池モジュール32、典型的には2乃至100モジュールを、ケース内に2又は3次元の行列の形態で収容する。この行列の形態は、高い充填密度を与えると同時に、冷却剤が各々の電池モジュールの少なくとも一面を横切って流れるようにする。

電池集合体ケース40は、望ましくは電気絶縁体材料で作られる。更に望ましくは、ケース40は軽量で、耐久性が在り、電気絶縁性の高分子で作られる。電池とモジュールがケースと接触しても短絡しないように、材料は電氣的に絶縁性でなければならない。亦、集合体全体のエネルギー密度を増すために、材料は軽量でなければならない。最後に、材料は耐久性が在り、電池集合体の

究極の用途に於ける過酷さに耐えなければならない。電池集合体ケース40は、一個以上の冷却剤入口41と出口42を備えており、必要なら特殊な流体用開口の場合もあるが、望ましくは、冷却-空気が電池集合体から出入りする、電池集合体40の単純な孔でよい。

流体冷却電池集合体39は、気体でも液体でもよいが、電気絶縁性の冷却剤を使うように設計されている。望ましくは冷却剤は気体で、更に望ましくは冷却剤

は空気である。空気が冷却剤として用いられた場合、冷却剤輸送手段44は、望ましくは強制-空気送風機であり、更に望ましくは、集合体の電池一個当たり1から3SCFMの空気流量を供給できる送風機である。

送風機は、連続的に冷却空気を電池集合体に送り込む必要はなく、電池集合体の温度を最適な水準以内に保つように、制御されればよい。充電、走行、空転停止時に、効果的な冷却を行なうためには、送風機を稼動停止させ、望ましくは送風機の速度を制御する、送風機制御機が必要である。冷却は、典型的に、充電時が最も重要であるが、積極的な運転時にも同様に必要である。送風機速度は、電池集合体と周囲環境の間の温度差、及び絶対温度に基づいて制御され、ここで絶対温度は、電池が既に冷えているときは冷却しないように、電池が理想温度領域の上限に近いときは特別に冷却するように、基準

とされる。ニッケル-金属水素化物にたいしても、送風機は充電後の空転期間に於て必要である。この条件下での効率的冷却には、間欠的な冷却が必要で、自己放電速度を送風機電力消費より低く抑えることで、正味のエネルギーの節約に繋がる。典型的な結果(図16)は、最初の充電後クール・ダウンの後の2.4時間の送風機稼動時間を示す。典型的に、正常な送風機制御(以下に述べる)が、この筋書き通り機能している。送風機制御装置は、必要ならば、効果的冷却のための強力な送風機を、全送風機電力を常時消費しないで、採用できるようにし、エネルギー効率を高く維持する。より強力な送風機を使用することは、集合体の性能と寿命を最適化するのに役立つ、最適集合体温度を維持する点で有益である。

送風機制御の一例は、最高電池温度が30℃を超えていて、周囲温度が最高電池温度より低い(望ましくは5℃以上低い)場合は、送風機が稼動して冷却剤流路に冷却空気を循環させる、というものである。

もう一つの有効な送風機制御アルゴリズムが、ある判断基準に基づいて、いろいろな温度で送風機を稼動させる。その判断基準は、1)最高電池温度;2)周囲温度;3)現在の電池の使用状態(即ち、充電中、充電待機中、走行中の高温高放電深さ(DOD)、空転停車中、等);4)冷却剤送風機に電力供給する電

池の電圧、を

含んでいる。このアルゴリズムを表2に示す。

表 2

```
IF (Tbatmax) >= 25℃ )  
  THEN  
    PWM = Minspeed + 5 * Delta  
    PWM = MIN (PWM, Maxspeed)  
  ELSE PWM = Minspeed  
  
  IF PWM < 30 THEN PWM = 0  
  
  IF (Vauxbat < 13) and (PWM >= 30)  
  THEN PWM = 30
```

表2のアルゴリズムに於て、“Tbatmax”はモジュール最高温度、“Tamb”は周囲大気温度、また“Delta”は、“Tbat max-Tamb”で計算される値であって、負の値は0として扱う。

“PWM”は、送風機の百分率パルス幅変調（PWM）制御信号であって、0=0FF, 100=FULL POWERとする。

“Vauxbat”は送風機補助電池電圧である。

“Minspeed”は最小送風機速度であって、充電中、充電待ち、高温状態、又は走行中の放電深さ（DOD）が大

きい状態の場合、30% PWMであり、その他の場合0% PWMである。

“Maxspeed”は最大送風機速度であって、充電中又は充電待ちの場合、100% PWMであり、その他の場合65% PWMである。

冷却流体の流速と圧力は、パックを冷却するのに足りるだけの十分な熱容量と熱伝達を提供できる必要が在る。流体の流速は、予想される最高の熱発生速度において定常的に熱を除去し、許容できる温度上昇に収めるよう十分に供給されねばならない。典型的なNi-MH電池集合体では、電池当たり過充電時に5から10ワット発生するので（最高熱発生）、1から3CFMの流速が、空気の熱容量に基づいた十分な冷却と許容できる温度上昇を達成するのに必要である。熱管理のための最も効果的な空気流を供給するには、半径流送風機型の送風機を使用するのがよい。これは、軸流送風機に比べてこの型の送風機は高い空気圧を発生できるからである。一般に、少なくとも水柱0.5"の圧力低下がパック内に設置された送風機の動作段階で要求される。高い流速においてこの圧力低下を生み出すには、一般に、水柱1.5"から3"の送風機静圧能力が必要である。

電池パックが熱いときに冷やすために送風機を使うのに加えて、送風機は電池パックが冷めた過ぎるときに加

熱することもできる。即ち、電池パックが最適最低温度より低くて、周囲の空気が電池パックより暖かい場合には、送風機を稼働させて暖かい周囲空気を電池パック内に引き込むのがよい。暖かい空気はその熱エネルギーを電池パックに熱伝達し、少なくとも最適温度範囲の下限まで温める。

一つ以上の冷却剤輸送手段44が冷却剤入口41に設置されて、新鮮な冷却剤を電池パック・ケース40に送り込み冷却剤流路43を通して冷却剤出口42に送り出す。代わりに、一つ以上の冷却剤輸送手段44が冷却剤出口42に設置されて、過熱された冷却剤を電池パック・ケース40から引き出し、新鮮な冷却剤が電池パックケース40に引き込み冷却剤流路43を通して流すこともできる。

冷却剤は、冷却剤流路43の最長寸法に平行に（即ち、電池モジュールの長さの方向に）流れてもよいし、代わりに前記冷却剤流路43の最長寸法に直角に（即ち、電池モジュールの高さ方向に）流れてもよい。冷却剤は冷却路43を通じて流れるときに排熱を吸収するので冷却剤の温度が上がることに注目すべきである。故に、冷却剤流路43の最長寸法に直角に流体が流れるのが望ましい。これは、冷却剤の温度が上がると電池と冷却剤の温度差が減少し、結果として冷却速

度も低下するからであ

る。こうして、全体としての熱放散が低下する。この影響を最少にするためには、冷却剤の流路が両者のうちで短い方、即ち電池の高さに沿った方にすべきである。

空気が最も望ましい冷却剤であるが（容易に入手できケースへの出し入れも簡単なので）、他の気体や液体でさえ使用できる。特に、フレオン、エチレングリコール、その商業的に入手できる炭化フッ素や非一炭化フッ素系材料等の液体冷却剤が使える。これらその他の気体又は液体を冷却剤として使用する場合は、冷却剤輸送手段44は望ましくはポンプがよいだろう。空気以外の冷却剤を使うときは、冷却剤輸送手段は冷却剤出口に取り付けられた冷却剤返送配管を備えているのが望ましく、加熱された冷却剤を冷却剤貯蔵器（図に示していない）に再循環させ、其処から冷却剤熱交換器（図に示していない）に移送して熱を抽出し、最後に電池パック39を冷却するのに再利用するため冷却剤ポンプ44に再配送する。

最適冷却剤流路の幅は、多くの異なった因子を含んでいる。これらの因子の幾つかは、電池の数、電池のエネルギー密度と容量、電池の充放電速度、冷却剤の流れの方向と速度と体積流速、冷却剤その他の熱容量、である。これらの因子とは独立に、冷却剤がモジュール間を流れるとき冷却流体体積流量を邪魔したり遅らせたりするよ

うに冷却路43を設計するのが、重要であることが分かった。理想的には、流れの遅滞は大部分電池の冷却面との摩擦に起因し、体積流量の5から30%の流量減少となる。モジュール間の間隙が、冷却流体処理系の主な流量制限条件である場合は、全てのモジュール間の間隙中の冷却流体の体積流量が均一で大略等しくなり、むらのない冷却をもたらし、モジュール間の不均一流れを生じかねない他の流量制限条件（入口又は出口のような）の影響を小さくする。更に、各電池の同じ場所が、同じような速度と温度の冷却流体に接することになる。

電池モジュールは、電池表面と冷却流体の間の熱伝達係数を高めるため冷却流

体速度を最高にして、電池の効率的冷却をするように配置されている。これは、モジュール間間隙を冷却流体体積流量は減少し始めるが流体速度はまだ増加している点まで狭くすることで達成される。狭い間隙は、冷却流体の熱伝達距離が短いと電池から流体への温度勾配が大きくなるので、熱伝達係数を大きくするのを助ける。

最適な冷却剤流路幅は、流れの方向の流路の長さと、冷却剤の流れに垂直な面の冷却剤流路の面積に、同じように依存する。最適間隙の送風機に対する依存性は弱いものである。空気に対しては、冷却剤流路43の幅は約0.3 - 12 mmの間で、望ましくは1 - 9 mmの間で

あり、最も望ましいのは3 - 8 mmの間である。高さ7インチのモジュールを横切る垂直な空気の流れに対する、達成可能な最適平均モジュール間隔（冷却剤流路43の幅）は約3 - 4 mm（中心線間隔105 mm）である。長さ16インチの4モジュールが並んだ全長64インチの長手方向の水平な空気の流れに対しては、達成可能な最適平均モジュール間隔（冷却剤流路43の幅）は約7 - 8 mm（中心線間隔109 mm）である。この列の最端部においてややモジュール間隔が狭いのは、空気の流速を高め結果として熱伝達係数を大きくし、下流で空気の温度が高くなるのを補償する。水平な冷却剤の流路にある程度沿って配置された二次的な一つ又は複数の入口を、追加冷却剤の導入手段として用いることができ、全流路にわたって電池と冷却剤の間の熱伝達をより均一にすることができる。

”中心線間隔”という単語は、時々冷却剤流路幅と同義語として使われることに注意すべきである。この理由は、冷却剤流路幅は平均値だからである。平均をとる理由は、流路43を構成する電池モジュールの側面が均一に平坦でなく、モジュールを束ねる帯金や電池自身の側面が実際の流路幅を長手方向に沿って変化させるからである。故に、幅は個々のモジュールの中心間の間隔、即ち中心線幅として表すほうが簡単なときがあり、電池の寸法の違いに応じて数値が変わる。故に、平均流路幅を

議論するほうが、使用される実際の電池の寸法に無関係に電池モジュールに適用できるので、一般的にいっそう有用である。

図20と21は、垂直及び水平それぞれの冷却剤流れに対する、冷却剤流路幅（即ち、中心線間隔）と冷却剤体積流速、冷却剤速度の最高値に対する百分率、熱伝達の最高値に対する百分率、との関係を示すグラフである。グラフは冷却剤が空気の場合で、乱流と30%の自由空気制限を仮定している。見られるように、明らかに最適間隔が存在し冷却剤の流れの方向によって値が異なっている。最適熱伝達の±10%の範囲内で動作させるのが最も効率的であるが、しかし必要ならば、冷却剤の体積流速を増加させてこの範囲外で装置を動作させることもできる。図に於て、正方形（■）印の曲線は冷却剤（空気）の体積流速を表し左側の縦軸で読み、三角（▲）印の曲線は熱伝達の最高値に対する百分率を、ダイヤモンド（◆）印の曲線は冷却剤速度の最高値に対する百分率を表し右側の縦軸で読む。

バック・ケース中のモジュールの適切な間隔を達成し維持するのを助け、モジュール間の電氣的絶縁を提供するために、各モジュールは、その他のモジュール32から及び冷却剤流路43を形成する電池バック・ケース40から最適距離でそのモジュール32を保持するための

冷却剤流路スペーサ37を備えている。上で開示されたように、冷却剤流路スペーサ37は望ましくは電池モジュールの上面と底面に配置され、モジュールの隅、電池端子7、8、及び電氣的相互接続手段25を保護する。より重要なことは、スペーサのつまみ38がモジュールを最適な距離だけ離して保持することである。スペーサ37は耐久性高分子のような軽量で、電氣的に非一伝導性材料から構成されていることが望ましい。更に、スペーサが必要とする機能を果たすために必要な最小限の全材料を含み且つ出来るだけ軽いことが、全体としてのバックエネルギーにとっては大切である。

上述したように、Ni-MH電池は特別な温度範囲で最高の動作をする。上述した冷却系がこの発明の電池バック装置を最適範囲の高温度限界以下（周囲大気温度が電池と最適範囲の低温度限界より温かい場合は、時には最適範囲の低温度

限界以下で動作する)に保つことを可能にしているが、電池装置が最適温度範囲の低温度限界より冷たいことが時々ある。故に、電池パック装置の中の幾つか又は全部の電池とモジュールに、可変の熱絶縁をなんらかの方法で提供することが必要である。

上述の冷却装置に加えて、この発明の電池パック装置を熱的に制御するもう一つの方法は温度依存充電管理である。温度依存充電管理は多様な周囲温度条件下での効

率的充電を考慮に入れている。一つの方法は、継続して最新化されてきた方法で、温度依存制限電圧により電流が特定の値に落ちるまで充電し、その後は一定電流で特定の充電入力を行なう方法である。もう一つの方法は、ある温度補償限界電圧まで定電圧又は定電流で段階的に電圧又は電流を減らしながら充電し、以後は一定電流で特定の充電入力を行なう方法である。もう一つの方法は定電流又は停電力で段階的に電流又は電力を減らしながら充電し、温度上昇速度の測定値が最高値に達したら以後は一定電流又は一定電力で特定の充電入力を行なう方法である。温度依存制限電圧を使うと広い温度範囲にわたって均等な容量が保証され、最少の温度上昇で充電が完了するのが保証される。例えば、固定制限電圧充電を使うと一つの事例では8℃の温度上昇を来すが、温度補償充電を使うと同様の条件下で3℃の温度上昇になる。充電装置と冷却系が同時に破壊した場合起こりうる厳しい過熱を避けるために、この電池に対して絶対充電温度限界(60℃)が要求される。時間に関する電圧変化速度(dV/dt)をパック又はモジュール基準で検出すると、 dV/dt の負の値を充電終了の目安として役立てることができる。これは過度の過充電を防ぎ、追加された安全限界として役立つと同時に電池動作効率を改善する。

温度依存充電管理の一例を表3に示す。

表 3

1) 制限電圧^{*4}に達するまで最高電力で充電する。^{*1, 2, 3}

2) 電流を30%だけ落として制限電圧⁴に達するまで充電する。^{*1, 2, 3}

3) 操作2)を電流が5A以下になるまで繰り返す。
^{*1, 2, 3}

4) もしアンペア-時間最充電が5Ahを超える場合は、5Aの一定電流で一時間充電し充電を完了する。^{*1, 2, 3}

5) 2時間毎に又はX時間毎に(Xに対する表示式は下を見よ)^{*3}充電を再開する。代わりに、電池モジュールの電圧が15Vより低くなったら充電を再開する。代わりに、電池電圧が制限電圧より片寄り(例えばモジュール当たり0.5V)分だけ低くなったら充電を再開する。代わりに、制限電圧より片寄りだけ下がった電圧でその電池を浮かせる。上の全ての場合も最高電池温度は充電再開前に50℃未満であること。

*1) 最高電池温度が40℃を超える場合は電流は10Aに制限する必要がある。

*2) 最高電池温度が60℃を超えるときは充電を停止する。最高電池温度が50℃未満になったときだけ充電を再開する。

*3) 初期充電には最高95Ah、再開には最高30Ah迄に全充電量を制限する。

*4) 制限電圧 = $(16.65V - [0.024V/C] \times \text{最高電池温度} (^\circ\text{C})) \times \text{モジュール数}$

*5) 例えば、 $X = 20 \times (1 - \text{最低許容充電状態}(\%))^2 \times (60 - \text{最高電池温度})$

図22と23は、“温度補償制限電圧”充電管理が如何にして電池パック装置の充電時の温度上昇を低減するかを示している。これらの図は、電池パックの温度上昇及びパック電圧とパックの充放電時の時間との関係を示したグラフである。図22(温度補償制限電圧)は、上の曲線はパック電圧、下の曲線は周囲温度

以上のパック温度を表している。図22は、電圧曲線の頂上で示される充電サイクルの終わりで、電池パックは周囲温度以上3℃の温度上昇しかなかったことを示す。対照的に、図23は、“固定制限電圧”充電法を採用すると周囲温度から8℃温度上昇することを示す。ここで、破線はパック電圧、実線はパック温度を表す。故に、従来の充電時の発熱の多くが、“温度補償制限電圧”充電管理の使用により排除されたことが認められる。

上で論じたように、この号明の電池は動作温度範囲に上限を持つのにに加えて、下限も在る。同様に上で論じたように、周囲温度が電池温度以上の時は“冷却装置”が加熱装置として使える。しかし、電池パック温度が低くても周囲温度が更にそれより低いことが起こりやすい。故に、電池パック装置の動作時には、電池を周囲環境から熱的に絶縁する方が利点がある場合が時々ある。しかし、熱絶縁に対する要求は不変のものでなく、非常に短い時間の間に劇的に変化する可能性が在る。故に、熱絶

縁に対する要求も変わりやすいものである。

熱絶縁に対するこの変わりやすい要求に適応するために、発明者らは可変熱絶縁物を提供する手段を考案した。この発明の可変熱絶縁手段は、個別の電池、電池モジュール、及び電池パック装置に同じように使用できる。

最も基本的な形としては、この手段は再充電可能電池装置の、少なくとも前記周囲熱的条件に最も直接的に曝される部分に可変熱絶縁を提供し、変化する周囲条件のもとで再充電可能電池装置を望みの動作範囲内に保持する。

この可変熱絶縁物を提供するために、発明者らは温度感知手段、圧縮性熱絶縁手段、及び熱感知器で検出された温度に対応して圧縮性熱絶縁手段を加圧する手段とを結合した。温度感知器が周囲温度が冷たいことを示したとき、電池、モジュール、又は電池パック装置の作用領域を絶縁するのに必要な領域に熱絶縁物が配置される。周囲が温かいときは、温度感知器は熱絶縁物を部分的又は全体的に加圧させ、圧縮性絶縁物により電池装置に付与されている絶縁要因を部分的又は全体的に排除する。

熱感知器は電子工学的感知器であってもよく、ピストン装置に情報を伝えて圧

縮性の気泡状又は繊維状絶縁物

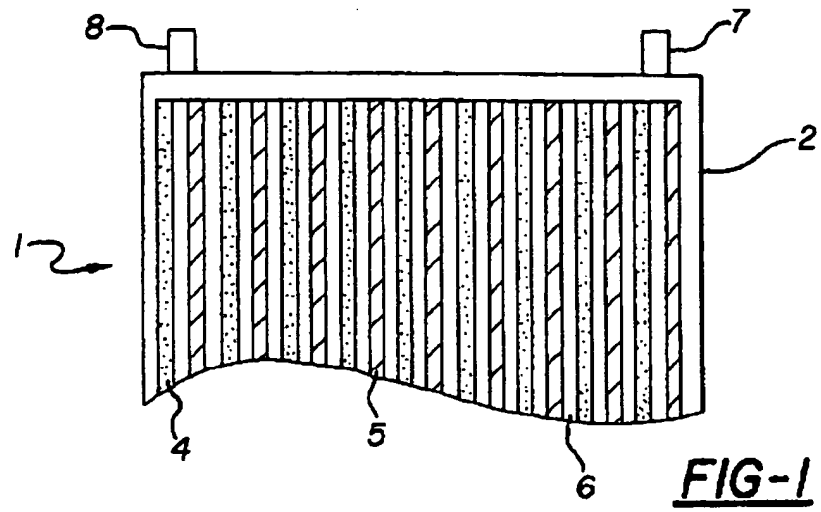
に及ぼす圧縮力を可変的に増やしたり減らしたりする。代わりに、(熱エネルギーの利用と機械的信頼性の点から) 感知器と圧縮装置は単一の機械的装置に結合されていて、周囲の熱的条件に直接反応して熱絶縁物に可変圧縮力を及ぼす様にしてもよい。このような結合した感知器/圧縮装置は、温度自動調節器で用いられる様なバイメタル材料で構成されていてもよい。低い周囲温度のもとではバイメタル装置は熱絶縁物を膨張させて電池装置を冷たい周囲条件から守り、電池又は周囲の温度が上がるとバイメタル装置は絶縁物を圧縮して電池装置からその絶縁効果を取り除く。

可変熱絶縁物は電池、モジュール又は電池パック装置全体を覆うようにして使うこともできるが、必ずしもそうしなければならないことは無い。可変熱絶縁物は装置の問題の場所だけを絶縁すれば丁度効果的な場合もある。例えば、リブ付きの端板ヲ採用したこの発明の電池モジュールやパックでは、低温周囲条件に最も直接に影響を受けるモジュールの端部を熱的に絶縁することだけが必要なこともある。これらの周囲環境条件は、一つの(又は複数の)モジュールの電池間の大きな温度不均衡の原因となり、結果としてモジュール又はパック装置の性能を低下させる。可変絶縁物をモジュールの作用を受ける端部に適用することにより、電池間の温度差が減少又は排除されモジュール全体の温度が制御される。最後に、

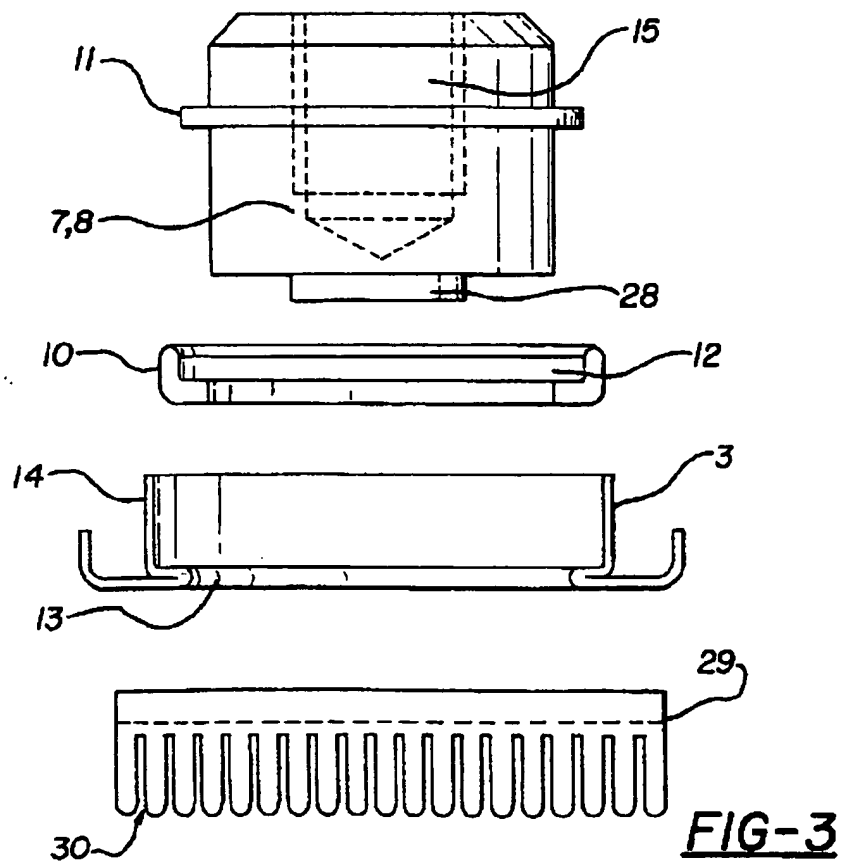
熱絶縁物は必ずしも電池やモジュールに接触している必要はなく、モジュールから離れて置かれ、更なる熱絶縁物として作用する空気の淀んだ区域を、電池又はモジュールの近くに残しておくことができることにも注目すべきである。

ここに発表した開示はこの発明の十分且つ完全な開示を行なう目的で詳細な実施例の形で提出したものであり、以下の請求項に発表し定義したように、このような詳細な記述は、この発明の真の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。

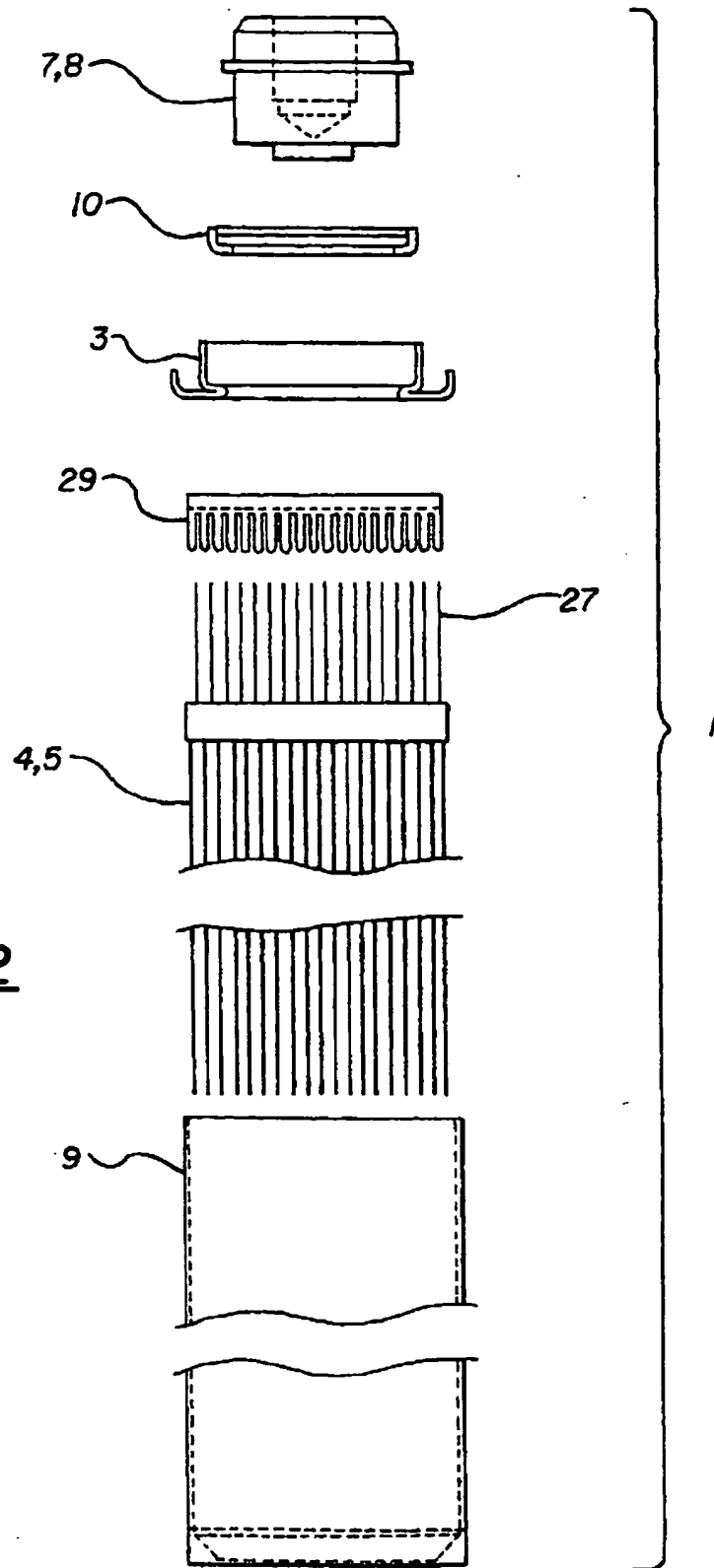
【 図 1 】



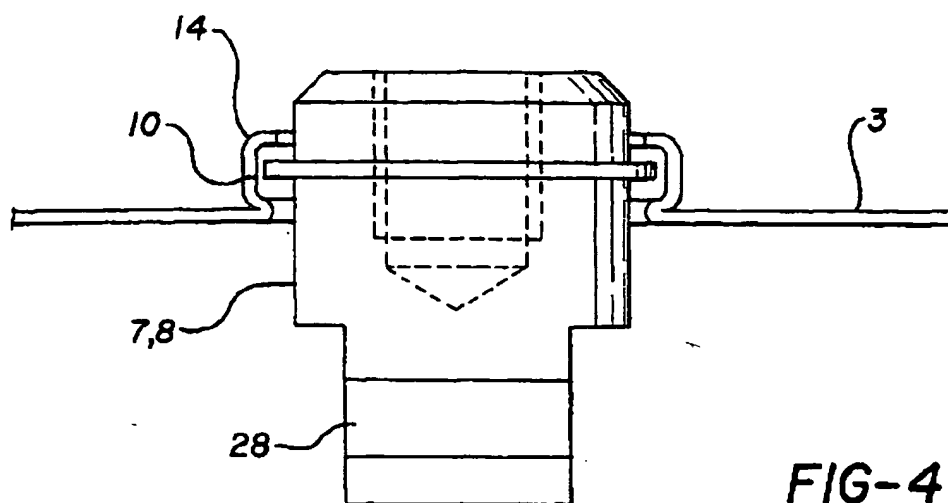
【 図 3 】



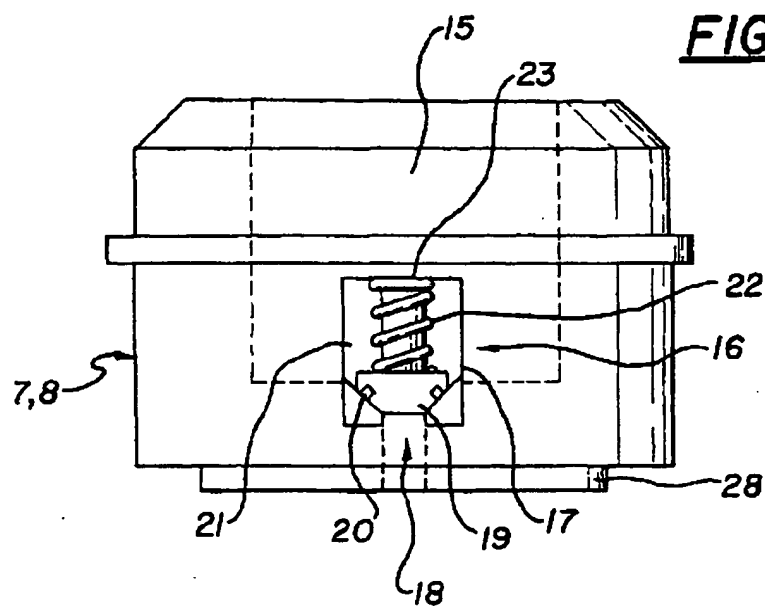
【 図 2 】



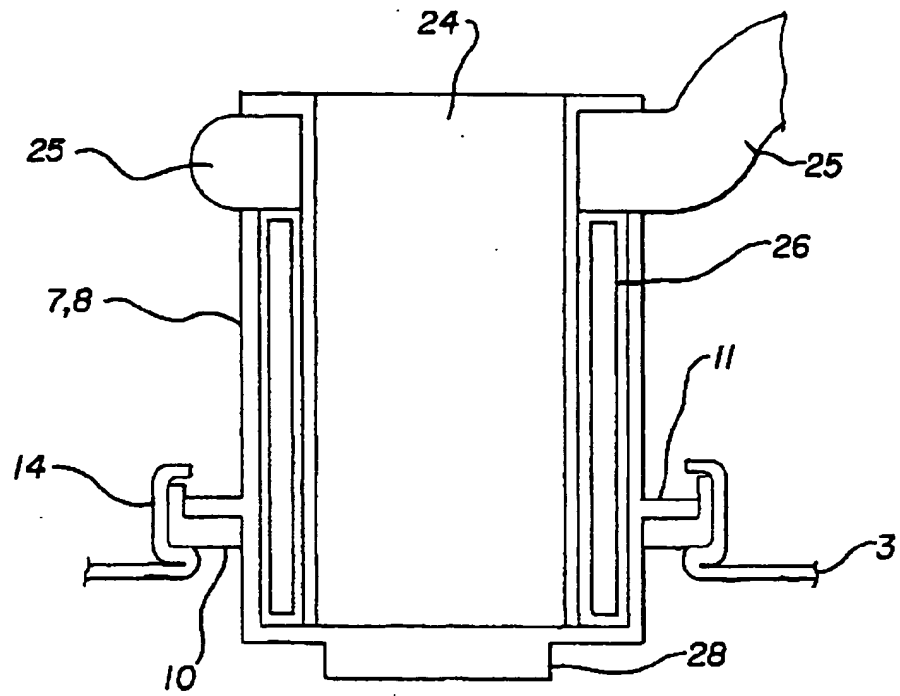
【图 4】



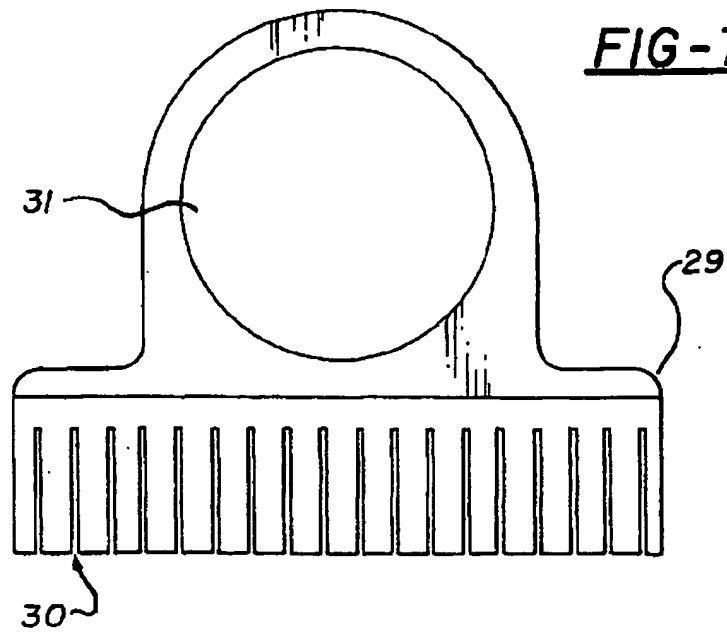
【 図 5 】



【 図 6 】

FIG-6

【 図 7 】

FIG-7

【 図 8 】

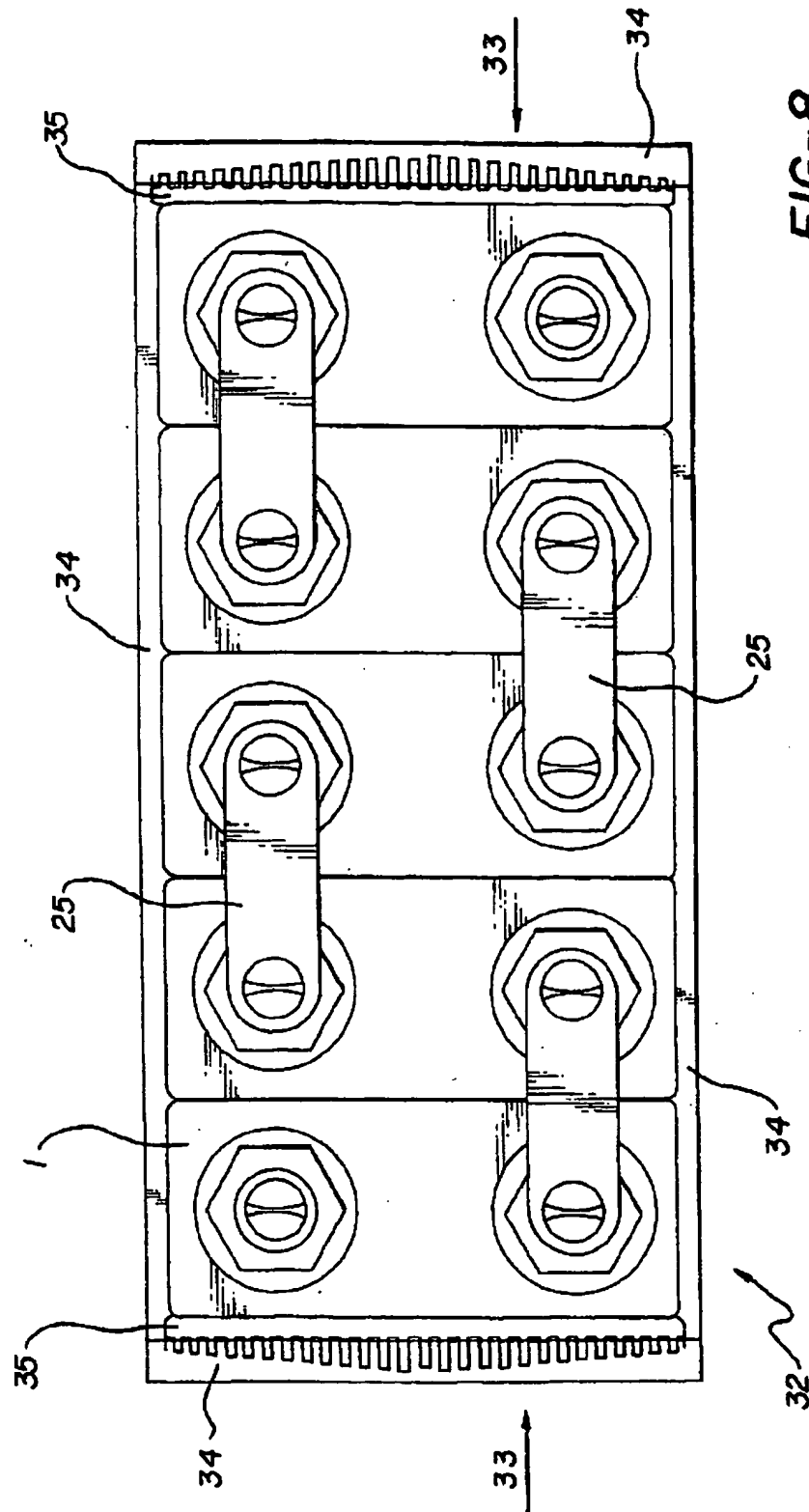
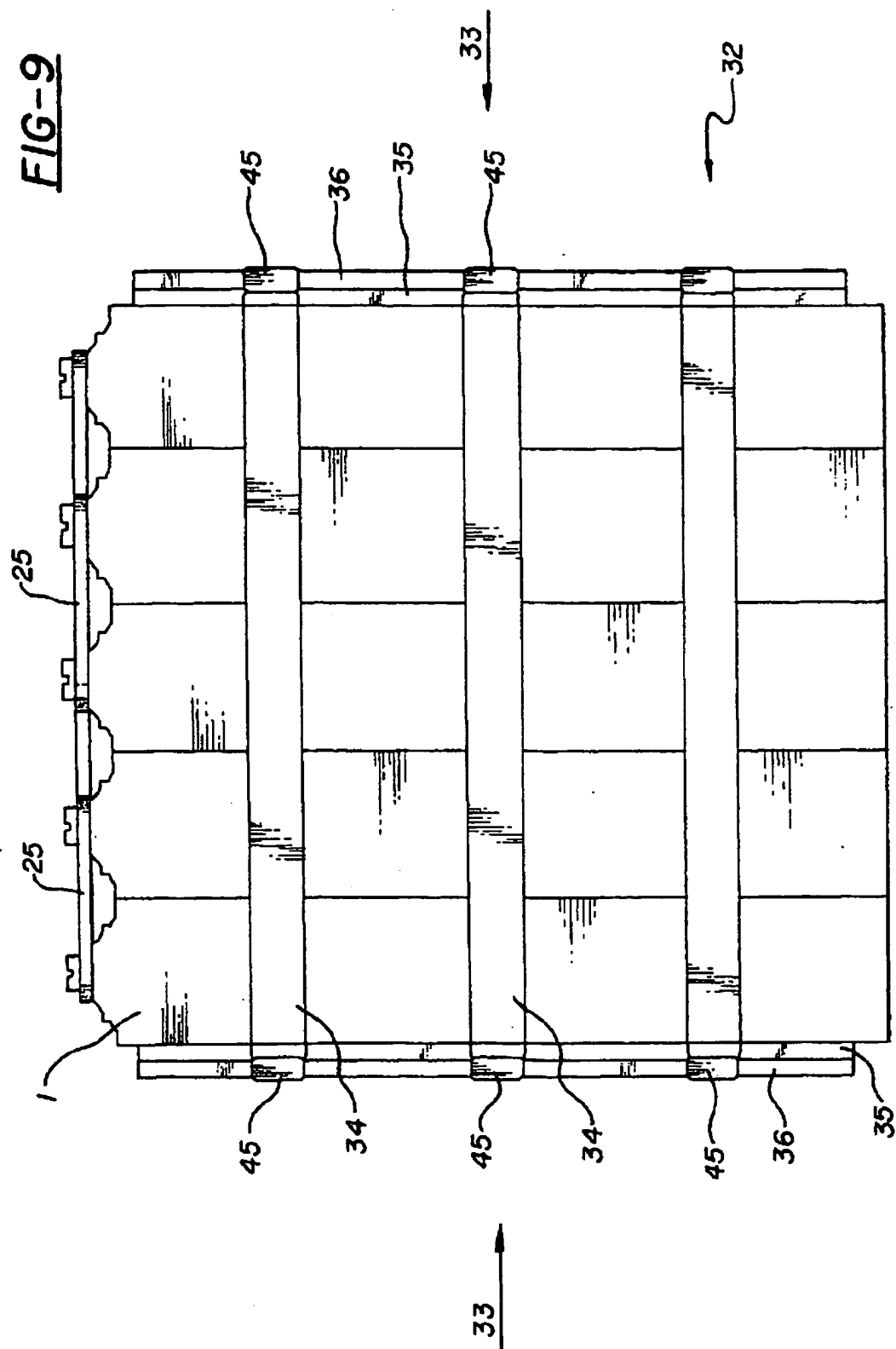


FIG-8

[図 9]

FIG-9



【 図 1 0 】

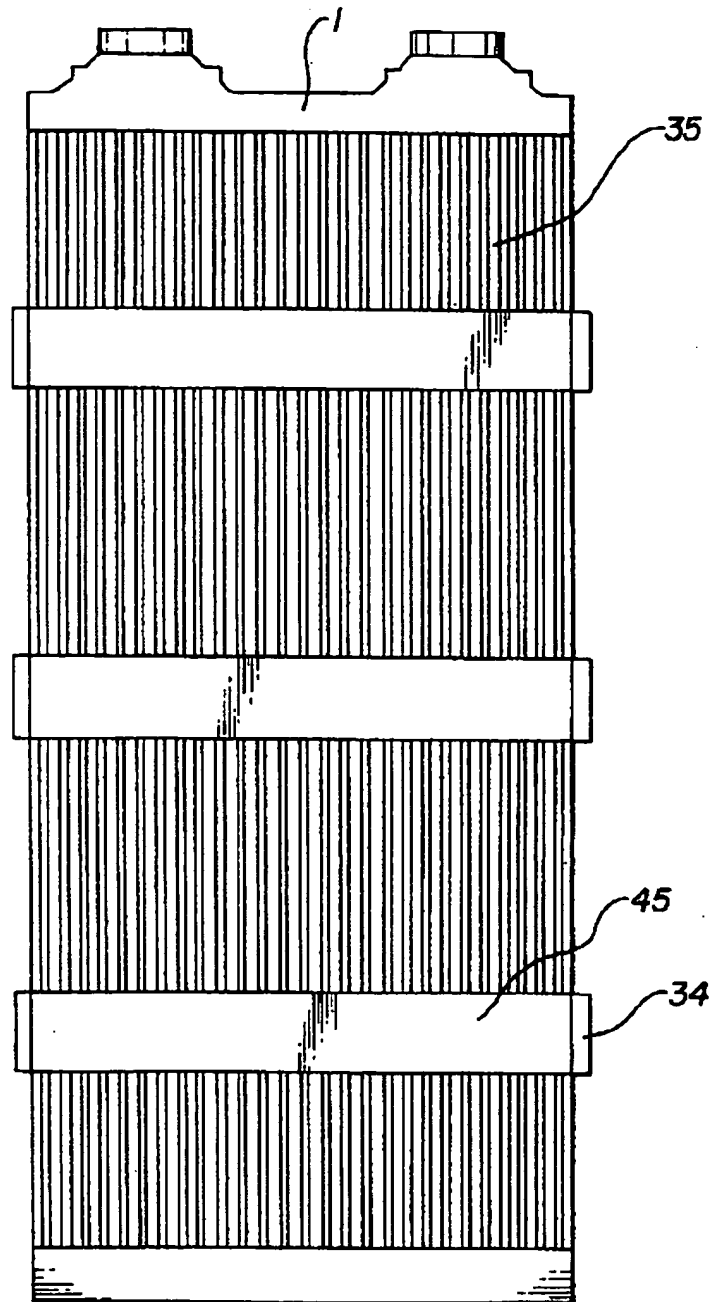
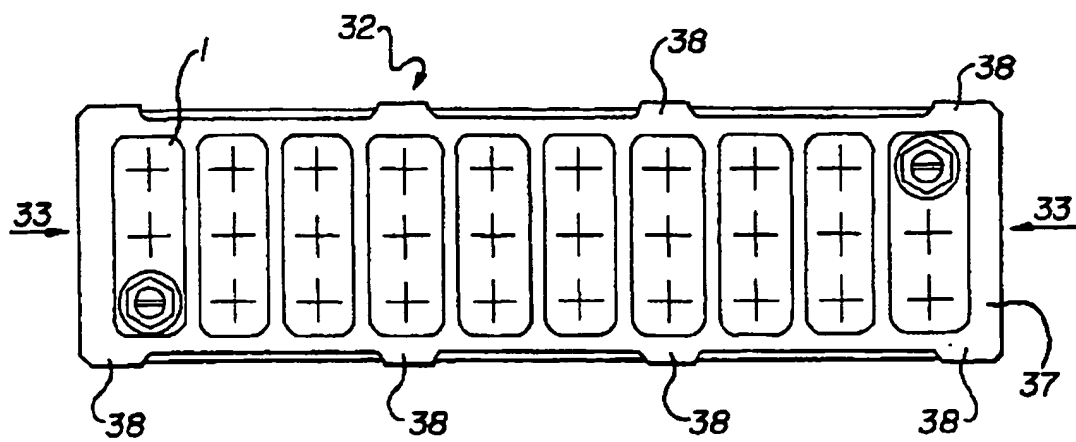
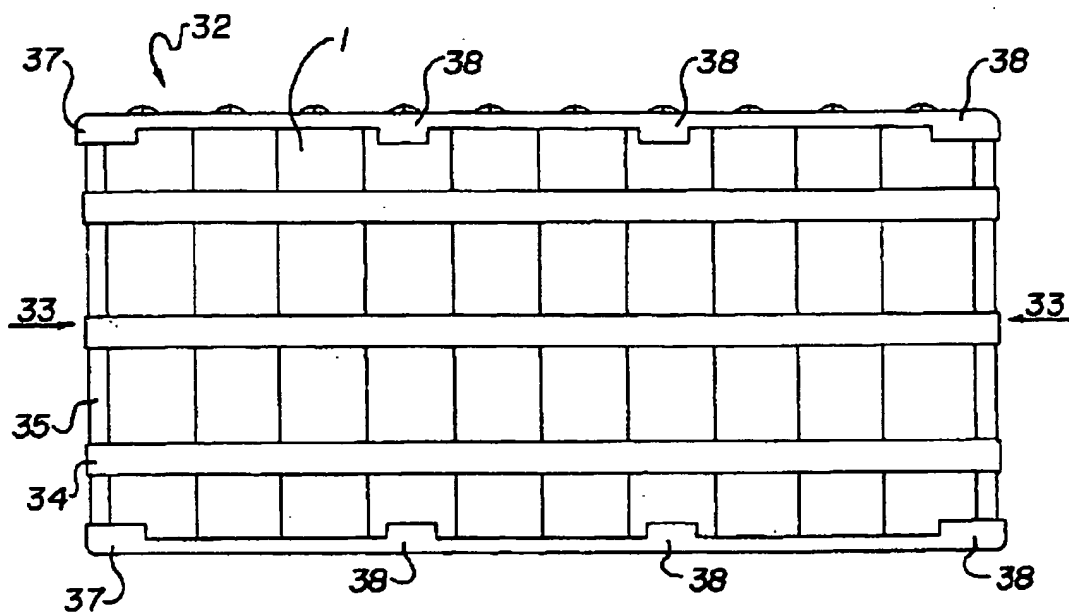


FIG-10

【 図 1 1 】

FIG-11

【 図 1 2 】

FIG-12

【 図 13 】

FIG-13a

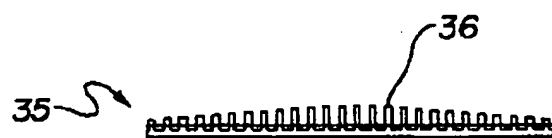
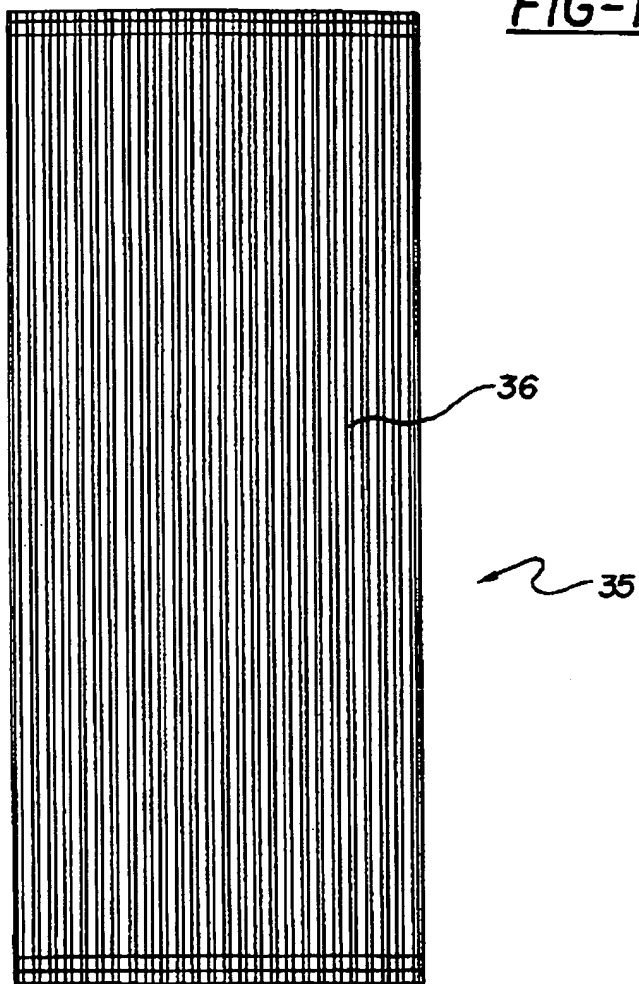


FIG-13b

【 図 14 】

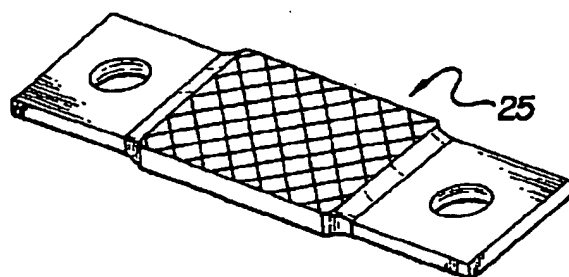
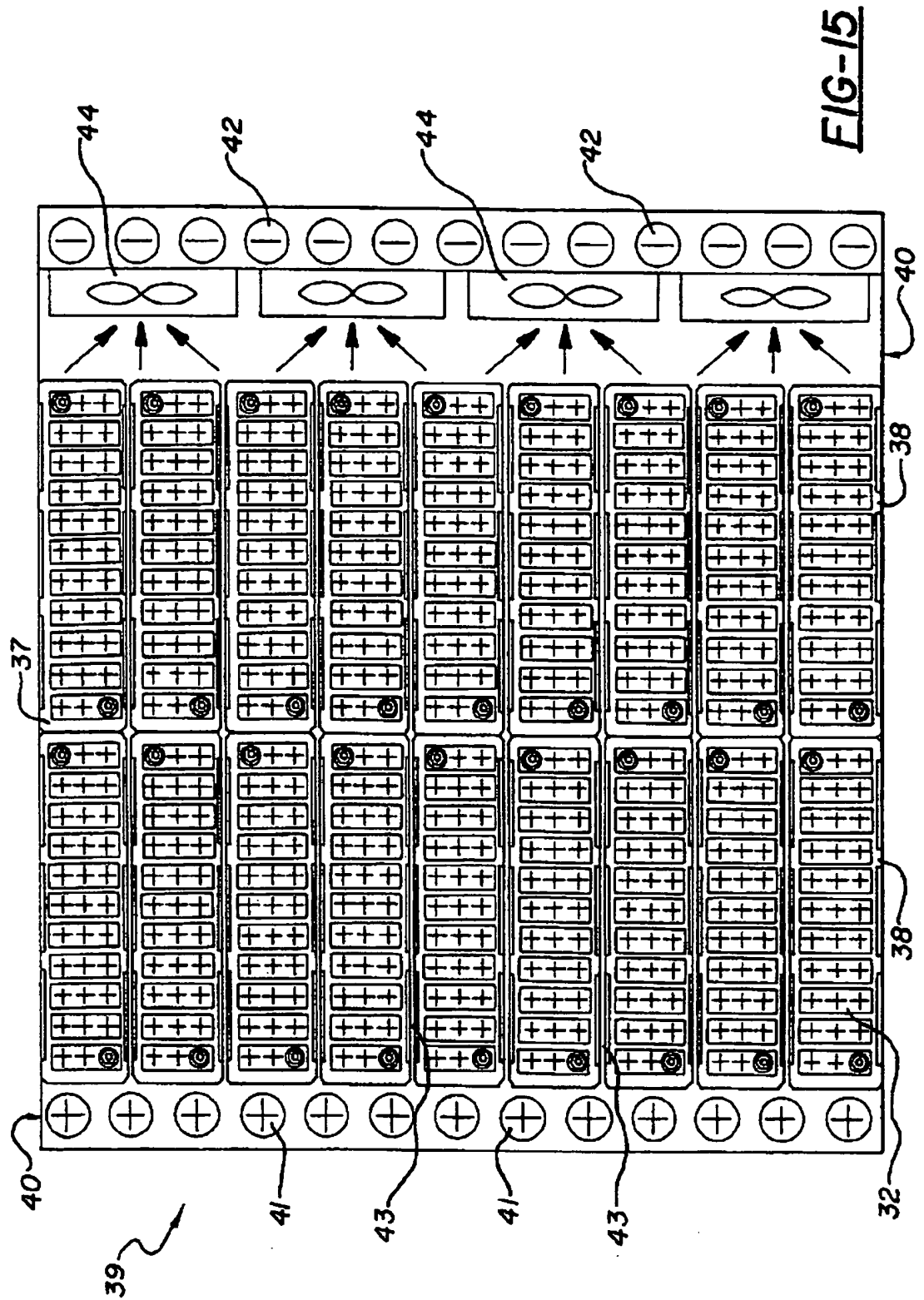


FIG-14

【 図 15 】



【 図 16 】

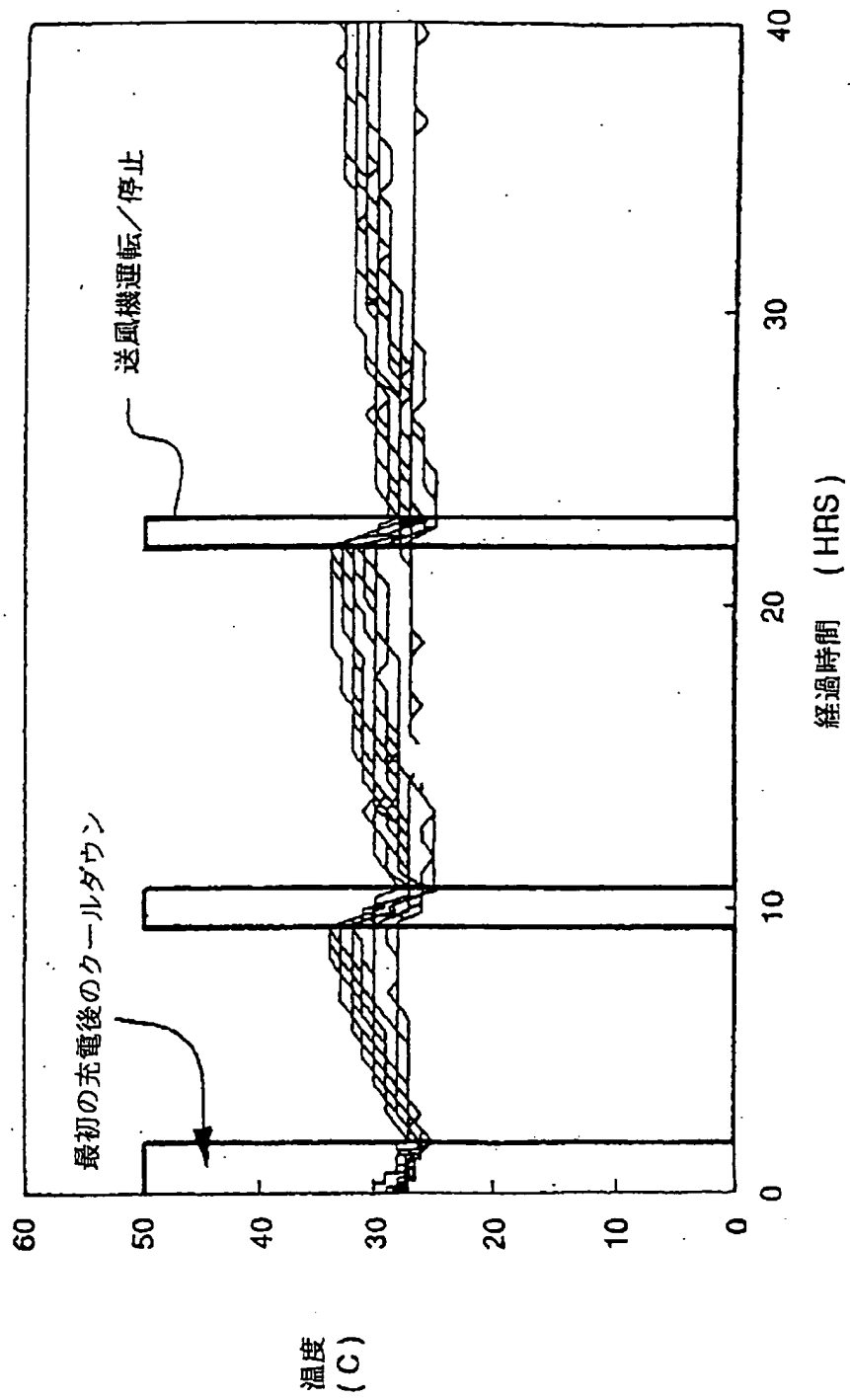


FIG - 16

【 図 1 7 】

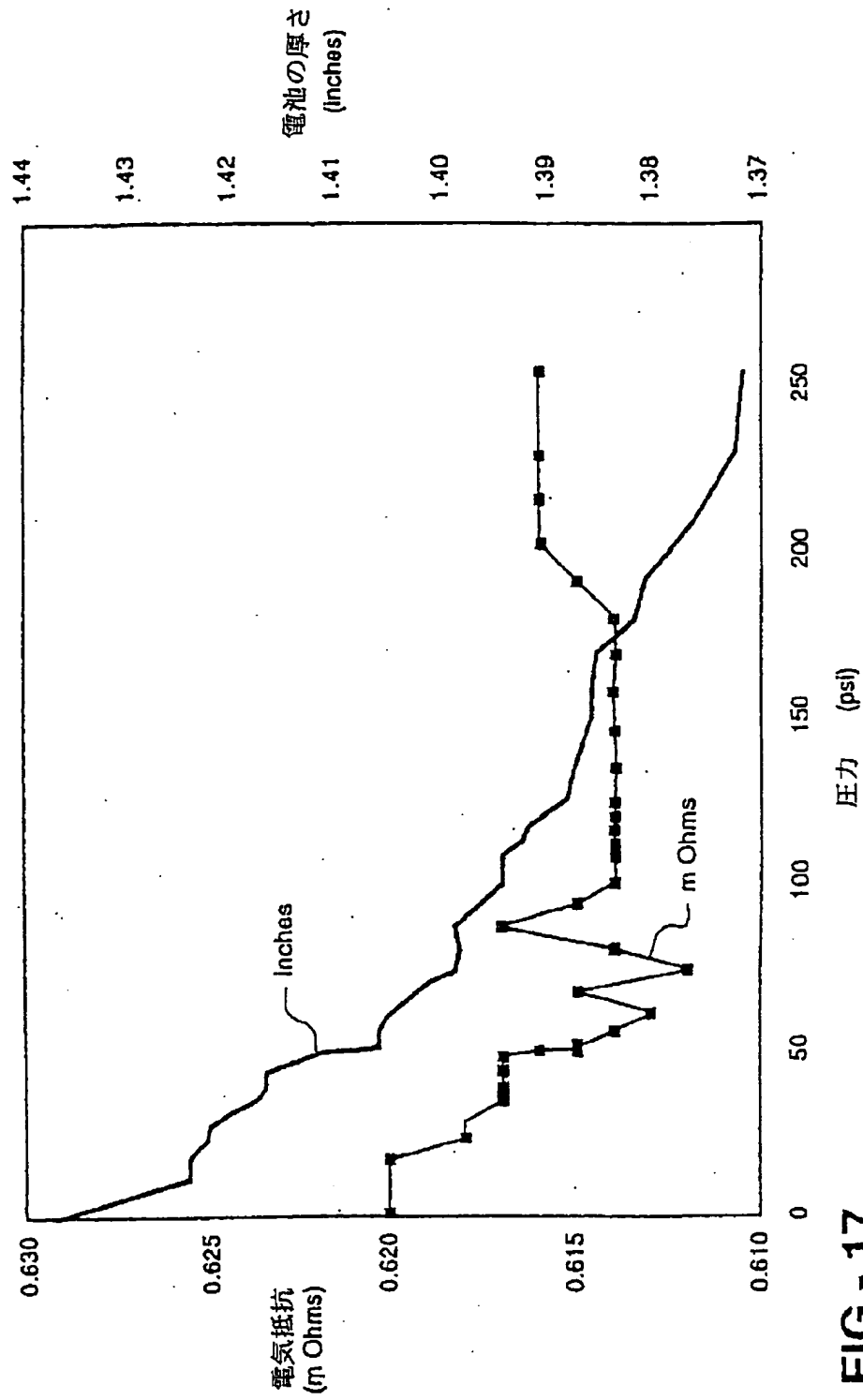


FIG - 17

【 図 1 8 】

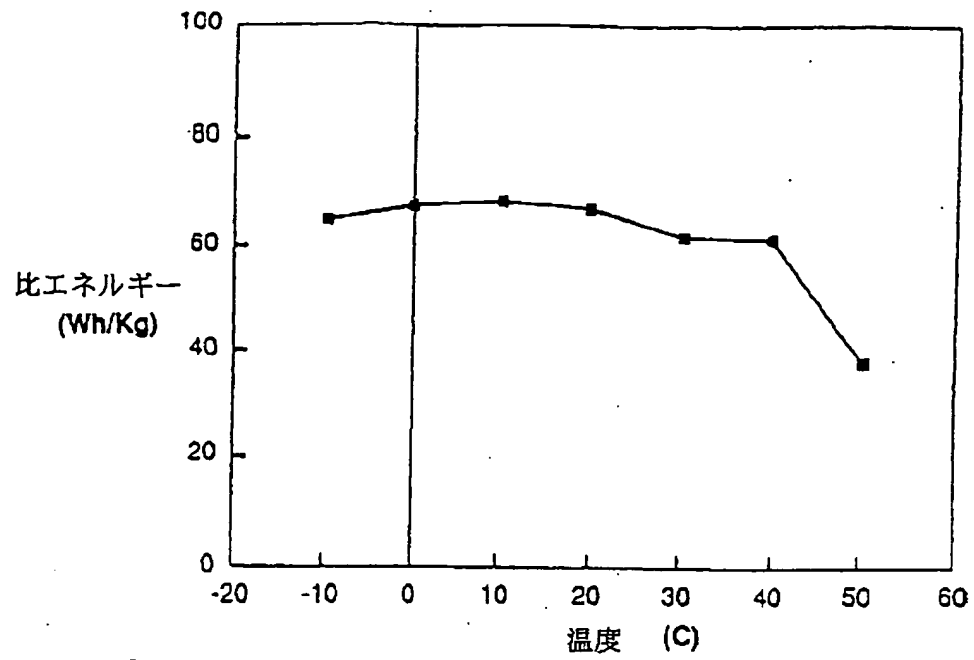


FIG - 18

【 図 1 9 】

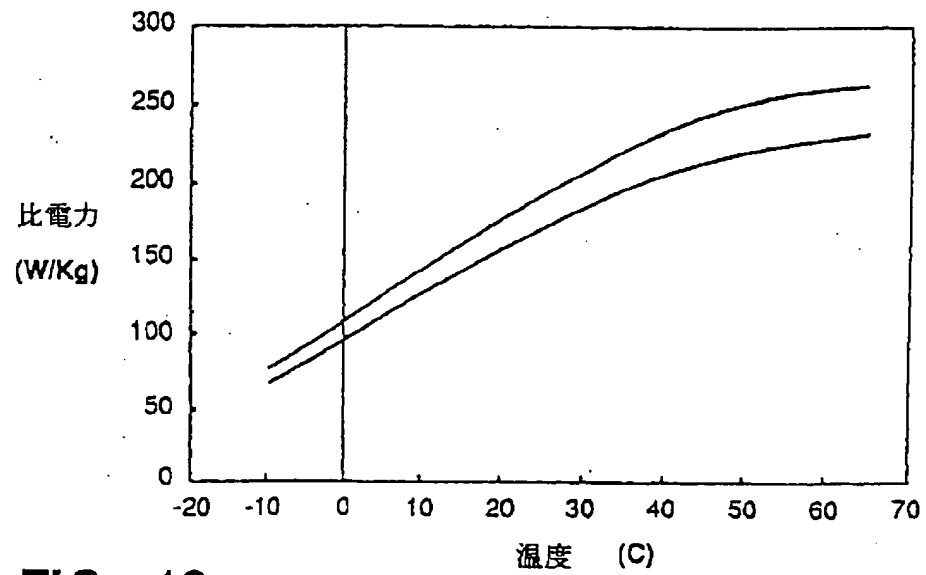


FIG - 19

【 図 2 0 】

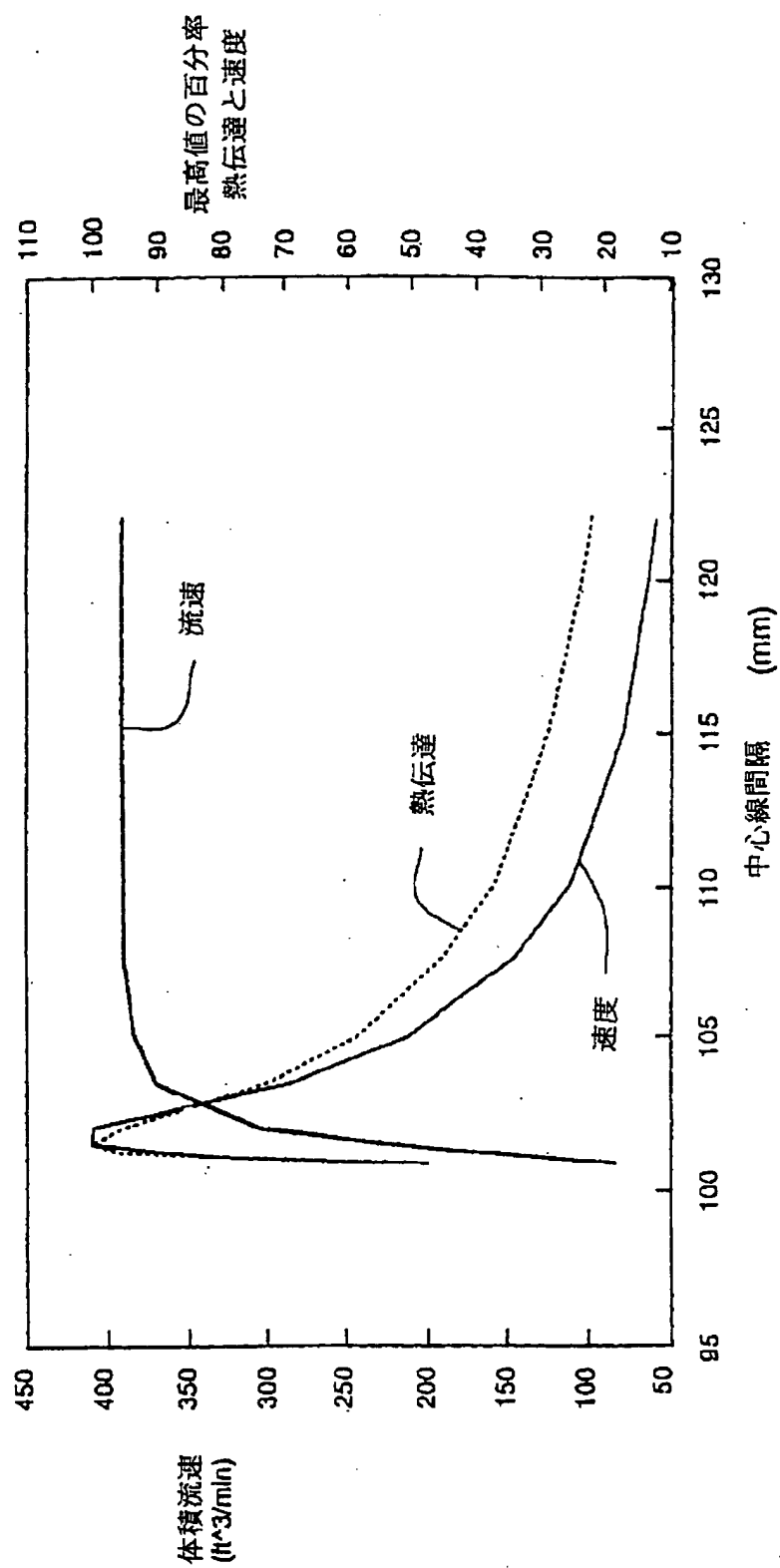


FIG - 20

【 図 2 1 】

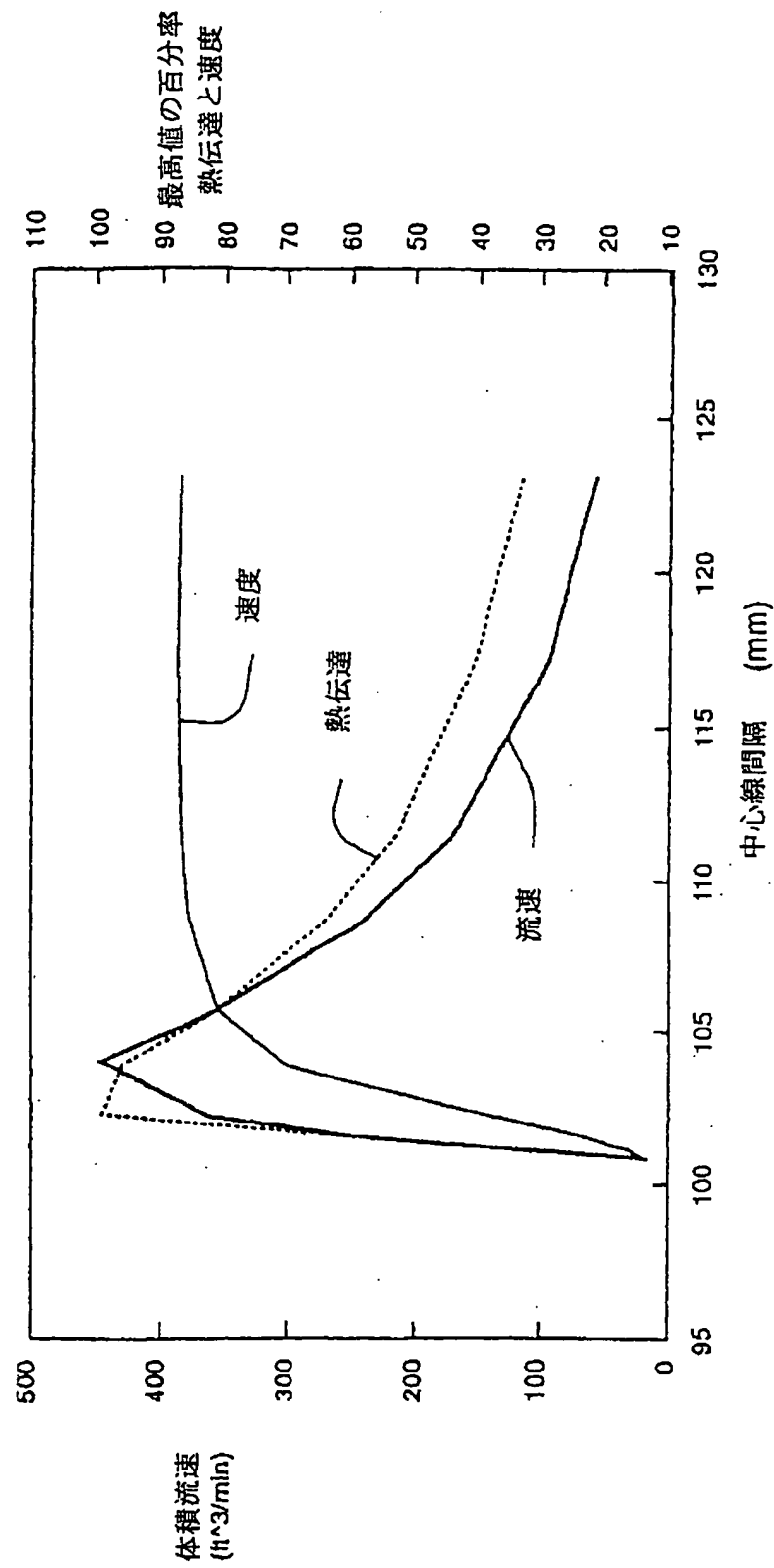


FIG - 21

【 図 2 2 】

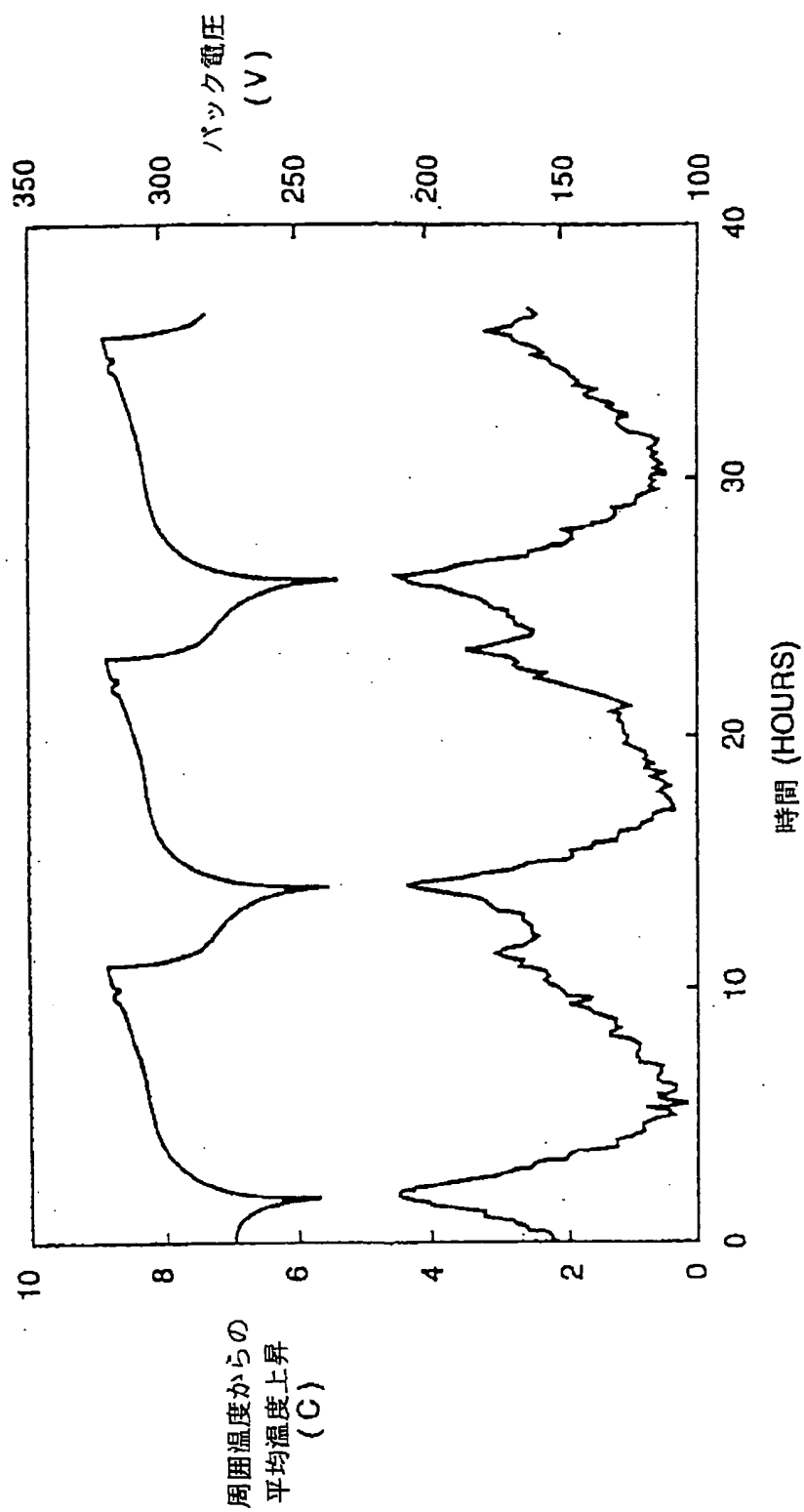


FIG - 22

【 図 23 】

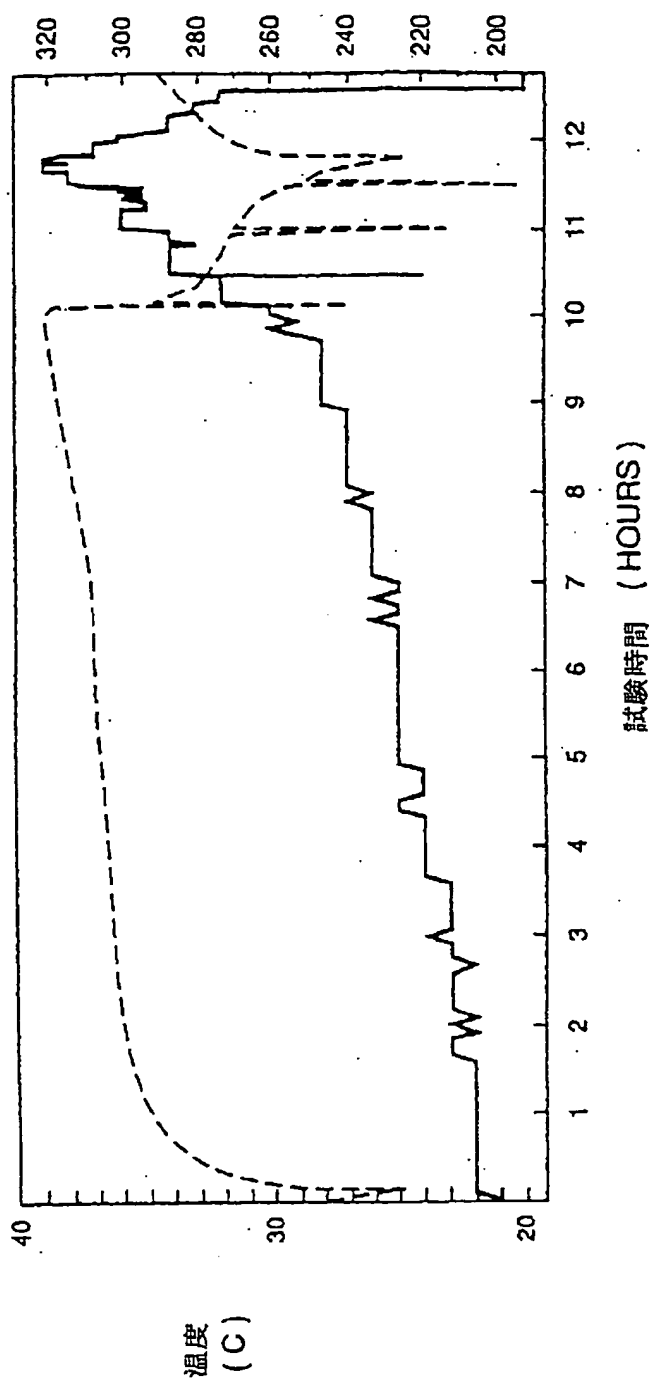


FIG - 23

【 図 2 4 】

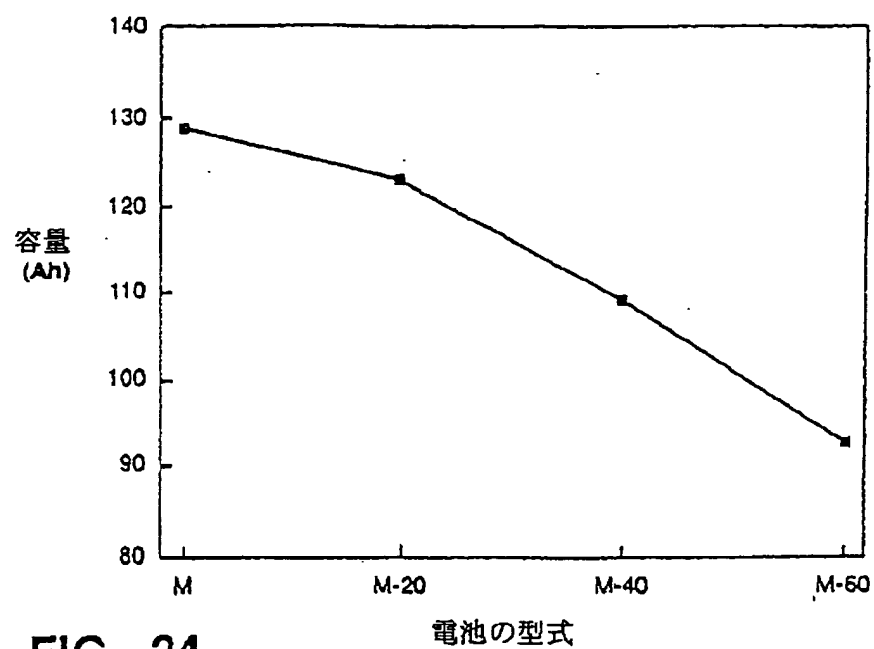


FIG - 24

【 図 2 5 】

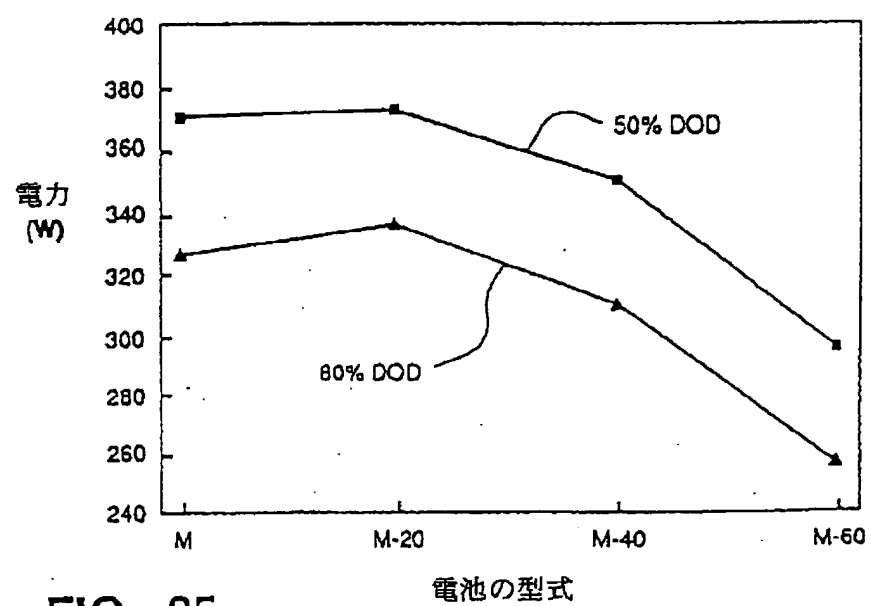


FIG - 25

【 図 26 】

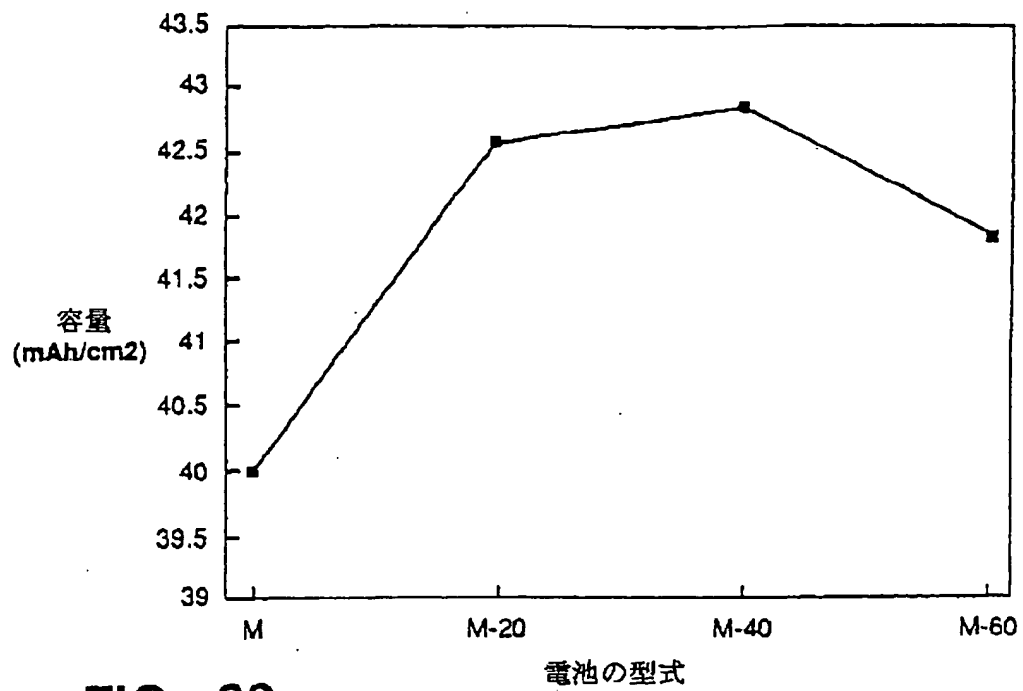


FIG - 26

【 図 27 】

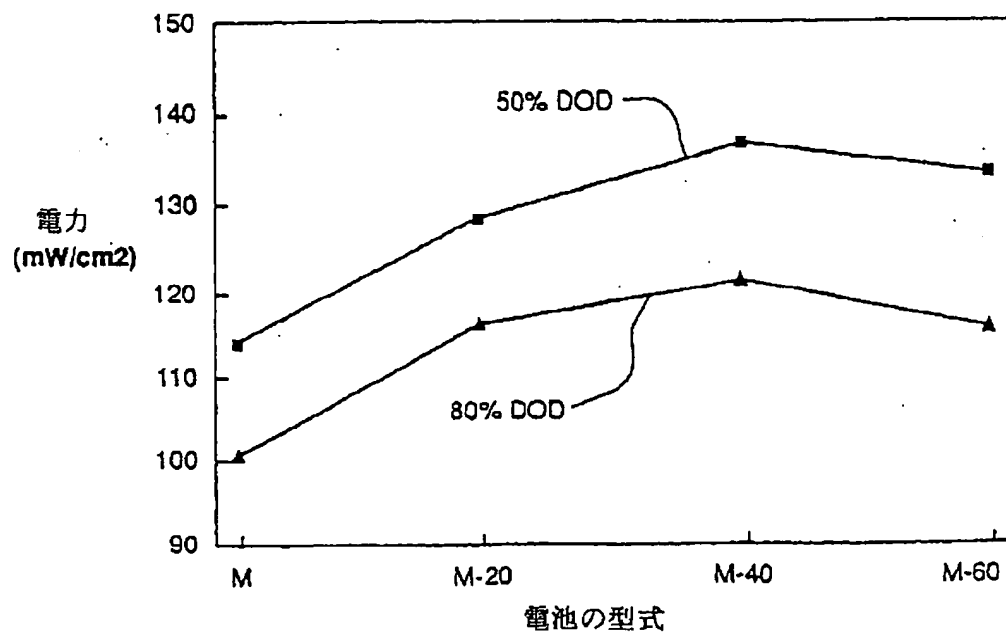


FIG - 27

【 図 2 8 】

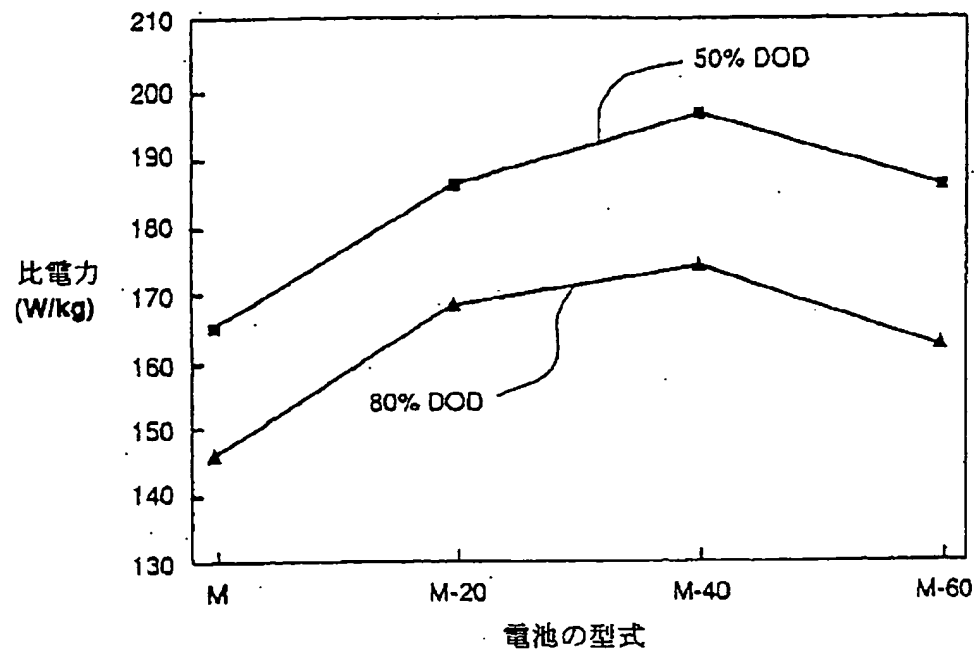


FIG - 28

【 図 2 9 】

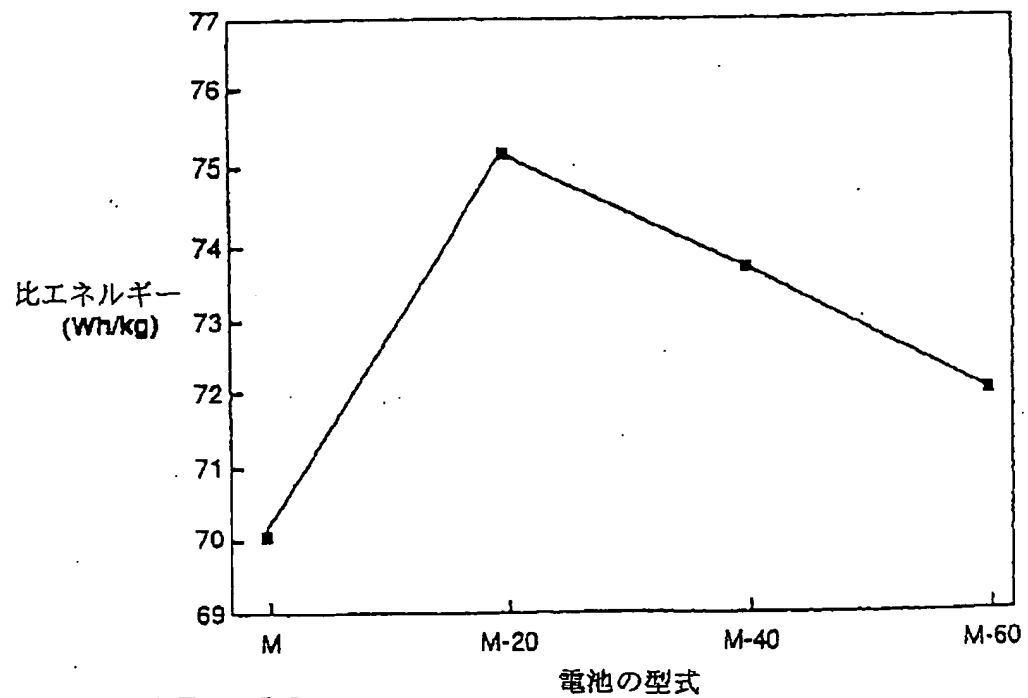


FIG - 29

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US97/00805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : H01M 2/10, 10/50, 10/52

US CL : 429/54, 120, 159, 181

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 429/54, 120, 148, 156, 159, 176, 181

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------------|--|---|
| X --- Y | US 5,558,950 A (OVSHINSKY et al) 24 September 1996, col. 7, line 63-col. 9, line 67. | 73-77, 82, 83, 87-91 ----- 24-35, 38-42 |
| Y | US 5,472,802 A (HOLLAND et al) 05 December 1995, col. 3, line 63-col. 6, line 17. | 44-62, 67, 71, 72, 97-108, 127-138 |
| X ---- Y | US 5,556,722 A (NARUKAWA et al) 17 September 1996, col. 2, line 34- col. 3, line 10. | 122-126 ----- 43-62, 67, 68, 127-138 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

| | |
|--|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier document published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "A" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search

26 FEBRUARY 1997

Date of mailing of the international search report

24 APR 1997

Name and mailing address of the ISA/US
Commissioner of Patents and Trademarks
Box PCT
Washington, D.C. 20331

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

for STEPHEN J. KALAFUT

Telephone No. (703) 305-0433

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.
 PCT/US97/00805

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-------------|--|---|
| X — Y | US 5,456,994 A (MITA) 10 October 1995, col. 3, line 11-col. 5, line 17. | 1-23 ----- 24-35, 38-62, 67, 68, 71, 72 |
| A | US 4,020,244 A (SELINKO) 26 April 1977, col. 2, lines 15-56. | 24-121 |
| A | US 5,510,201 A (HAMADA et al) 23 April 1996, col. 4, lines 33-39. | 30, 32, 79, 81 |
| Y | US 5,258,242 A (DEAN et al) 02 November 1993, col. 8, line 18-col. 9, line 16. | 52-55, 101-104, 131-134 |
| A | US 5,580,677 A (MORISHITA et al) 03 December 1996, col. 5, lines 54-60. | 33, 34 |
| A | US 4,468,440 A (EVJEN) 28 August 1984, col. 5, lines 17-32. | 33, 34 |
| A | US 3,607,439 A (LILLEY) 21 September 1971, col. 2, line 66-col. 3, line 3. | 49, 98 |
| A | GB 2,162,363 A (TURNER) 29 January 1996, page 2, lines 3-31. | 30, 32, 79, 81 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/00805

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Please See Extra Sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/00805**BOX II. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION WAS LACKING**

This ISA found multiple inventions as follows:

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be searched, the appropriate additional search fees must be paid.

Group I, claims 1-72, drawn to a fluid cooled battery having a coolant transport module.

Group II, claims 73-121, drawn to a battery module including a bundling/compression means.

Group III, claims 122-151, drawn to a battery with an optimized aspect ratio.

Group IV, claims 160-172, drawn to a battery with variable thermal insulation.

The inventions listed as Groups I and IV do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Group IV lacks the coolant fluid transport of Group I, and Group I lacks the variable thermal insulation of Group IV.

The inventions listed as Groups I and III do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Group III lacks the coolant fluid transport of Group I.

The inventions listed as Groups I and II do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Group II lacks the coolant fluid transport of Group I.

The inventions listed as Groups II and III do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Group III lacks the compression/bundling means of Group II.

The inventions listed as Groups II and IV do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Group II lacks the variable thermal insulation of Group IV, and Group IV lacks the compression/bundling means of Group II.

The inventions listed as Groups III and IV do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Group III lacks the variable thermal insulation of Group IV, and Group IV lacks the optimized aspect ratio of Group III.

It is noted that there are two claims numbered 167, and no claims numbered 152-159.

フロントページの続き

- (72)発明者 ヴェンカテサン、シュリニヴァサン
アメリカ合衆国 48076 ミシガン州 サ
ウスフィールド ウッドゲイト ドライブ
30115
- (72)発明者 ダール、サブハッシュ ケイ.
アメリカ合衆国 48302 ミシガン州 ブ
ルームフィールド ヒルズ ロング レイ
ク ショーアズ 1978
- (72)発明者 ホランド、アーサー
アメリカ合衆国 48304 ミシガン州 ブ
ルームフィールド ヒルズ ブロックムーア
レイン 679
- (72)発明者 フィルモア、ドン
アメリカ合衆国 48239 ミシガン州 ウ
ォーターフォード アイランド パーク
ドライブ 4440
- (72)発明者 ヒグリー、リン
アメリカ合衆国 48098 ミシガン州 ト
ロイ フォックスクロフト 4791
- (72)発明者 ゴウ、フィリップ
カナダ国 エヌ9エイ 2エヌ2 オンタ
リオ州 ウィンザー モイ アヴェニュー
382
- (72)発明者 ヒムラー、ロナルド
アメリカ合衆国 48310 ミシガン州 ス
ターリング ハイツ ケップ 5127
- (72)発明者 カルディサス、ニック
アメリカ合衆国 48146 ミシガン州 リ
ンカーン パーク フォード ブールヴァ
ード 1450
- (72)発明者 ラミング、ケネス
アメリカ合衆国 48063 ミシガン州 コ
ロンバス ヘッセン ロード 1905
- (72)発明者 オズグッド、アンソニー
アメリカ合衆国 48362 ミシガン州 レ
イク オリオン キンバリー 530 アパ
ートメント 302

【要約の続き】

形成している電池モジュール；及び少なくとも一台の冷
却剤輸送手段（44）を備えている。冷却剤流路の幅は
最高熱伝達を考慮に入れている。最後に、電池、モジュ
ール、及び集合体は、変化しやすい周囲環境条件のもと
で、系の温度を望ましい動作範囲内に保つため、少なく
とも再充電可能電池で最も直接的に周囲の熱的状態に曝
される部分に、種々の熱絶縁手段を備えても差し支えな
い。